



MONITORING OF SEISMIC MANIFESTATION OF THE ENGINEERING-GEOLOGICAL STRUCTURES IN THE BAIKAL REGION

S.P. Serebrennikov  , V.I. Dzhurik , E.V. Bryzhak 

Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 128 Lermontov St, Irkutsk 664033, Russia

ABSTRACT. The paper considers the problem of the geological and geophysical data systematization, the importance of which is related to new solution conditions both in fundamental and applied aspects. Particularly important is the opportunity to study the influence of geological section on the level of manifestation of seismic loose and rocky material properties. The structure of geophysical fields has been studied using the systems which include the combinations of mountain and lowland regions. The basic parameters have been obtained during the engineering survey of the segments of the Chara, Muya and Tunka basins.

The initial data have been obtained as a result of integrated geophysical measurements (seismic survey, electrical survey, microseism recordings and theoretical calculations). The fundamental factor is the presence of frozen ground.

KEYWORDS: geophysical methods; engineering-seismological parameters; grounds; permafrost; seismic hazard

FUNDING: The work was conducted using equipment and infrastructure of the Centre for Geodynamics and Geochronology at the Institute of the Earth's Crust SB RUS (grant No. 075-15-2021-682). The data used in the work were obtained with LSRF "Seismic infrasound array for monitoring Arctic cryolitozone and continuous seismic monitoring of the Russian Federation, neighbouring territories and the world" (<https://ckp-rf.ru/usu/507436/>, <http://www.gsras.ru/unu/>).



EDN: NMVEXP

SHORT COMMUNICATION

Correspondence: Sergei P. Serebrennikov, serebr@crust.irk.ru

Received: October 17, 2025

Revised: December 9, 2025

Accepted: December 12, 2025

FOR CITATION: Serebrennikov S.P., Dzhurik V.I., Bryzhak E.V., 2026. Monitoring of Seismic Manifestation of the Engineering-Geological Structures in the Baikal Region. *Geodynamics & Tectonophysics* 17 (1), 0878. doi:10.5800/GT-2026-17-1-0878

РАЙОНИРОВАНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ СЕЙСМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЙ В ПРЕДЕЛАХ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

С.П. Серебренников, В.И. Джурик, Е.В. Брыжак

Институт земной коры СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, Россия

АННОТАЦИЯ. Статья посвящена проблеме систематизации материалов геофизических и геологических исследований, актуальность которой связана с новыми условиями реализации как в фундаментальном аспекте, так и в прикладном применении. Особое значение имеет возможность изучения влияния геологического разреза на уровень проявления сейсмических свойств отдельных групп рыхлых и скальных образований. Структуры геофизических полей изучены на примере систем, включающих в себя объединения крупных горных сооружений и пониженных форм рельефа. Базовые параметры получены при проведении инженерно-изыскательских исследований на участках Чарской, Муйской и Тункинской впадин.

Исходные данные получены в результате комплексных инструментальных геофизических измерений (сейсмо- и электроразведочные методы, регистрация микросейсм и теоретические расчеты). Основопологающий фактор – наличие мерзлых грунтов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геофизические методы; инженерно-сейсмологические параметры; грунты; мерзлота; сейсмическая опасность

ФИНАНСИРОВАНИЕ: В работе задействовано оборудование и инфраструктура ЦКП «Геодинамика и геохронология» ИЗК СО РАН по гранту № 075-15-2021-682. Работа выполнена с использованием данных, полученных на УНУ «Сейсмоинфразвуковой комплекс мониторинга арктической криолитозоны и комплекс непрерывного сейсмического мониторинга Российской Федерации, сопредельных территорий и мира» (<https://ckp-rf.ru/usu/507436/>, <http://www.gsras.ru/unu/>).

1. ВВЕДЕНИЕ

Инженерно-геологические условия, структурные особенности отдельных групп геологического разреза, расположенных в пределах крупных морфоструктурных объектов (впадины) в условиях развития многолетнемерзлых грунтов, обусловлены многообразием параметров геофизических полей непосредственно в пределах впадин и их горного обрамления [Aleshin, 2017; Pavlov, 1988; Bune, Katrikh, 1980; Nekrasov, 1967; Pavlov et al., 1981; Methodological Recommendations..., 2004].

Необходимость исследований обусловлена высоким уровнем сейсмической опасности для региона в целом [Chipizubov et al., 2009; GSZ-2015, 2015; Smekalin, 2008; Smekalin et al., 2013; Imaev et al., 2015]. Анализ геофизических и инженерно-геологических материалов выполнен для территории трех крупных тектонических структур – Тункинской, Муйской и Чарской.

Материалы подбирались в течение 3–5 лет в периоды максимального промерзания и протаивания грунтов и представляют весь спектр инженерно-геологических условий, сейсмические параметры грунтов, скорости распространения сейсмических волн и основные характеристики геологической среды до глубины 30 м [Construction..., 2018; Dzhurik et al., 2017, 2022; Dobrynina et al., 2016; Eskin et al., 2018; Serebrennikov et al., 2018].

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В структуру Чарской впадины, сформированной высокой тектонической активностью, и ее горного обрам-

ления входит большой спектр различных форм рельефа и, как следствие, широкое разнообразие осадочных формирований в мерзлом и талом состоянии.

Сейсмичность впадины по современным нормативам оценивается в 9 баллов и более.

Чарская впадина представляет собой тектоническую депрессию на восточном фрагменте Байкальской зоны с общей протяженностью более 100 км, окруженную горными сооружениями хребтов Кодар и Удокан. В инженерно-геологический комплекс впадины и ее окружения входят скальные грунты, ледниковые отложения, отложения современного периода развития впадины.

В пределах впадин задокументированы участки прерывистого и сплошного распространения мерзлых грунтов. Общие сведения о температурном режиме и мощности мерзлых грунтов предоставляют геотермические исследования: изменение мощности происходит с увеличением абсолютных отметок рельефа в пределах 100–1000 м, температура меняется от –1.5 до –4...–6 °С.

Скальные грунты представлены осадочно-метаморфическим комплексом, объединяющим породы нижнего протерозоя, – алевриты и известковые песчаники.

Интрузивный комплекс района представлен раннепротерозойскими образованиями, габбро и различными разновидностями гранитов. В пределах объединения необходимо отметить присутствие комплекса делювиальных отложений. В основе комплекса отмечается

сочетание щебнистых и глыбовых формирований мощностью до 8 м.

Многолетнемерзлые породы на делювиальных склонах представлены суглинками и супесями. Эти породы, как правило, имеют линзовидные криогенные структуры. Отложения верхних и средних частей склонов южной экспозиции содержат лишь цемент. Мощность слоя сезонного протаивания колеблется в пределах 1–2 м.

В структуру ледниковых образований входят следующие комплексы:

а) аллювиальные отложения различного гранулометрического состава в основе комплекса надпойменных террас и предгорных долин ручьев. Возможность появления таликов отмечается в летний период;

б) комплекс троговых долин – аллювиальные (супеси, пески, галечники) и моренные (галечники, валуны супеси и пески) отложения. В многолетнемерзлом состоянии для них характерны пологоволнистые, линзовидные и корковые криогенные текстуры. Глубина сезонного протаивания варьируется от 0.5 м в центральных заболоченных частях до 2.0 м на поверхности южных склонов;

в) формирования моренного комплекса, содержащие грубообломочный материал с включением щебня и дресвы мощностью до 30 м;

г) комплекс террас и пойм рек, сложенный гравием, песком и супесями. Отложения описываемого комплекса содержат лед – цемент с глубины 1–5 м. Здесь же встречаются ископаемые льды в виде пластообразных и линзовидных образований мощностью в первые

метры. Температура многолетнемерзлых пород изменяется в интервале от -2 до -5 °C.

Как отмечалось ранее, цель наших исследований – выделение в пределах рассматриваемой структуры площадей, отличных от уровня исходной сейсмичности по карте общего сейсмического районирования [GSZ-2015..., 2015]. Согласно нормативным документам за эталон при расчетах приняты грунты, имеющие следующие показатели: скорость продольных волн 3000 м/с и объемная масса 2.5 г/см^3 . Таким образом, эталонные грунты имеют сейсмическую опасность на один балл меньше исходной (9 баллов) и оцениваются в 8 баллов.

При проведении сейсморазведочных работ использовался метод преломленных волн V_p (МПВ) и многоканальный анализ поверхностных волн (МАПВ), позволяющий вычислять значения поперечных волн V_s . На исследуемой территории были выбраны и изучены площадки основных инженерно-геологических комплексов основными геофизическими методами (сейсморазведочные, электроразведочные) [Serebrennikov et al., 2018]. Эти данные вошли в общую инженерно-сейсмологическую оценку территории, которая подразделяется авторами на зоны повышенной и пониженной сейсмической опасности, что указано на рис. 1.

В табл. 1 представлены основные геофизические параметры грунтов и расчета приращений балльности.

Муйская впадина расположена в юго-западном направлении от Чарской впадины на расстоянии менее 100 км. Структура ограничена горными сооружениями

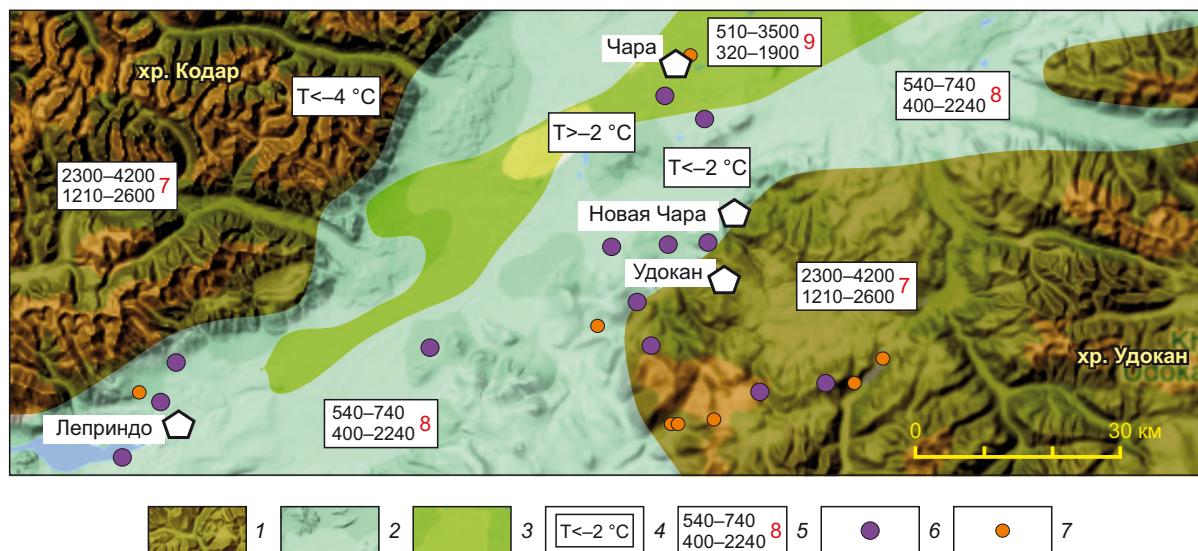


Рис. 1. Карта-схема инженерно-сейсмологической ситуации в пределах Чарской впадины.

1 – скальные грунты; 2 – ледниковые отложения; 3 – отложения (поймы и террасы рек); 4 – температура мерзлых грунтов; 5 – сверху вниз: скорость V_p волн, скорость V_s волн; далее – сейсмическая опасность в баллах; 6 – пункты комплексного геофизического исследования; 7 – пункты сейсмозондирования.

Fig. 1. Schematic map of the engineering-seismological situation within the Chara basin.

1 – rocky grounds; 2 – glacial deposits; 3 – sediments (floodplains and river terraces); 4 – frozen ground temperatures; 5 – top to bottom: P-wave velocities (V_p), S-wave velocities (V_s); seismic intensity units; 6 – complex geophysical observation stations; 7 – seismic sounding stations.

Таблица 1. Результаты расчета относительной сейсмической опасности
Table 1. Relative seismic hazard calculations

Литологический комплекс	V_p , м/с	V_s , м/с	t , °С	ΔJ за счет ρV , баллы	ΔJ за счет t , баллы	ΔI , баллы
Современные и голоценовые отложения						
Поймы и низкие надпойменные террасы	510 3500	320 1900	-3.4 -2.1	0.05	0.32	0.37
Высокие надпойменные террасы	540 3290	260 1710	-1.0	0.08	0.54	0.62
Высокие надпойменные террасы	740 3750	400 2240	<-2	-0.13	0	-0.13
Ледниковые отложения						
Моренный комплекс	660 3000	1540	<-2	0	0	0
Моренный комплекс	700 3400		-5.5 -4.8	0.06	0	0.06
Скальные грунты						
Коренные породы	2300 3100	1210 1830	-1	-1	0	-1
Коренные породы	3400 4200	1890 2600	<-2	-1	0	-1

Северо-Муйского и Южно-Муйского хребтов. Общая площадь более 5000 км².

Высокогорная, предгорная части структуры и долины р. Муя охвачены сплошной мерзлотой, отмеченной мощностью до 500 м. Диапазон изменения температуры грунтов составляет от -1.5 до -6 °С, с возможным повышением до 0 °С в цикле сезонного промерзания и оттаивания.

На исследуемой территории мы впервые вводим термин – деградация мерзлоты. Если ранее этот термин авторы применяли для участков техногенного воздействия (строительство и развитие объектов инфраструктуры региона) на мерзлотные образования, то в настоящее время он применим и к естественному состоянию вечномерзлых грунтов. Основным фактором изменения мерзлоты – сформировавшийся микроклимат в пределах впадины благодаря физико-географическим особенностям расположения структуры.

Сейсмичность впадины высокая, и при основных показателях прочностных характеристик грунтов для необходимых расчетов используется уровень исходной сейсмичности для «средних» грунтов в 9 баллов.

В итоге дальнейшие результаты расчетов сейсмической опасности для участков распространения других инженерно-геологических объединений будут исходить из 9-балльного уровня сейсмичности региона.

Для изученного комплекса скальных грунтов характерны изменения плотностных характеристик коренных пород с глубиной. Скорость V_p меняется от 1000 до 3000 м/с, и V_s изменяется в рамках 500–1420 м/с.

От состава коренных пород (от разрушенных до слабой степени выветривания) отношение продольных волн к поперечным меняется от 2.1 до 1.6. В рыхлых отложениях долины и предгорной части структуры при увеличении мощности слоя мерзлых грунтов

осредненные значения V_p и V_s возрастают. На участках развития сезонного оттаивания при переходе от маловлажных грунтов к водонасыщенным наблюдается резкое увеличение скорости продольных волн в 3–4 раза. Возрастание скорости поперечных волн происходит менее интенсивно.

Количественная характеристика основных типов грунтов по сейсмическим свойствам отображена в табл. 2.

Представленные данные позволили построить карту-схему районирования параметров сейсмических воздействий Муйской впадины, что указано на рис. 2. Сама оценка необходимых параметров проведена через расчет акселерограмм, спектров ускорений и частотных характеристик для построения наиболее вероятных сейсмогрунтовых моделей и их естественного и прогнозируемого состояния.

В итоге для Муйской впадины выделены участки с сейсмической опасностью в 8–9 баллов для мерзлых грунтов и 8–10 баллов – для талых, а также участки прогнозируемого изменения в процессе полной или частичной деградации мерзлотных естественных условий. Границы участков определены значениями максимальных ускорений колебаний грунтов: для мерзлого состояния диапазон изменений от 160 до 370 см/с², для талого – от 230 до 780 см/с².

Чередование впадин различной ширины и протяженности образует единую впадину под общим названием Тункинская, являющуюся западной ветвью Байкальской рифтовой зоны. Структура занимает промежуточное положение между оз. Байкал и оз. Хубсугул в Монголии [Serebrennikov et al., 2016].

В геологическом строении принимают участие породы широкого возрастного диапазона – от архея до современных отложений. Скальные грунты представлены

Таблица 2. Параметры V_p и V_s для отдельных типов грунтов
Table 2. V_p and V_s parameters for certain types of grounds

Тип грунта	Скорости Р- и S-волн, м/с	Талые воздушно-сухие	Талые водонасыщенные	Слабльдистые $t < 0$ °C	Твердомерзлые $t < -1$ °C
Песок	V_p	440–690	1500–1800	1380–2180	3200–3700
	V_s	200–330	300–600	660–1150	1620–2060
Валуны, галечник с песком	V_p	590–860	1600–1900	1980–3160	3400–3900
	V_s	270–430	360–00	980–1760	1790–2230
Коренные породы	V_p	1900–2300	2300–2700	2300–3100	3400–4200
	V_s	960–1240	920–1280	1210–1830	1890–2600

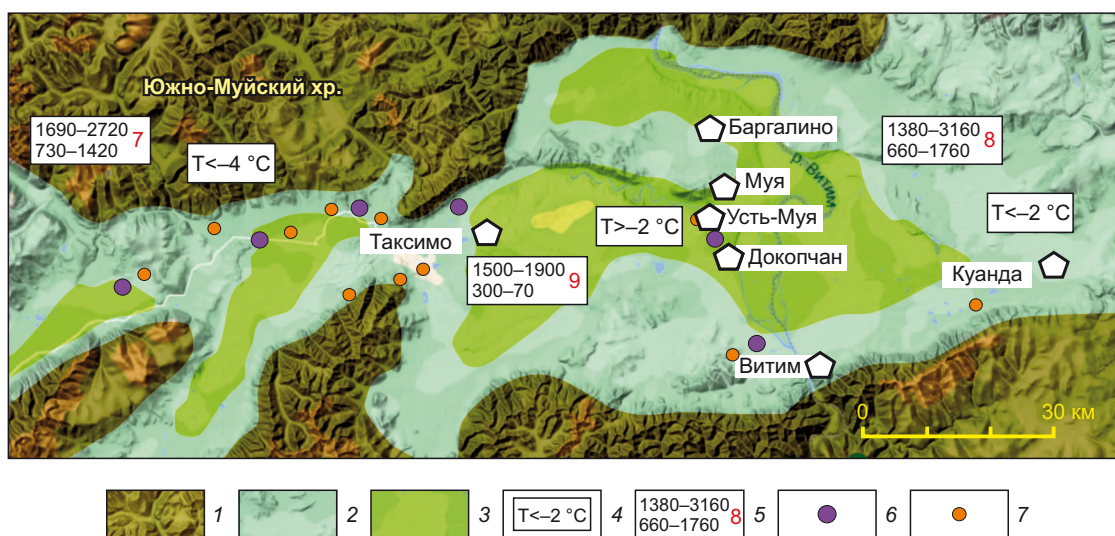


Рис. 2. Карта-схема инженерно-сейсмологической ситуации на участке Муйской впадины. Условные обозначения см. на рис. 1.
Fig. 2. Schematic map of the engineering-seismological situation at the segment of the Muya basin. See Fig. 1 for symbols.

метаморфическими и интрузивными породами докембрия и палеозоя. Впадину заполняют палеоген-четвертичные отложения.

Область распространения многолетнемерзлых пород изменяется от многолетнемерзлых грунтов с островами таликов (горное обрамление впадины) до грунтов редкоостровного типа, встречающихся в пределах болотных и озерных массивов, на периферии песчаных массивов, а также на высоких террасах в виде островов мощностью 10–100 м и температурой до -0.5 °C.

В инженерно-геологическом плане геофизические исследования проходили в песчаных грунтах. Представляемые пункты геофизического изучения расположены на участках неводонасыщенных и водонасыщенных грунтов, что представлено на рис. 3.

В качестве примера приведен участок исследования в центральной части впадины. Профиль начинается вблизи п. Албугаи на восточном склоне массива Бадар и переходит в относительно узкую зону между песчаным массивом и Койморским болотно-озерным комплексом. В направлении с севера на юг профиль пересекает долину р. Иркут и выходит в предгорье южного обрамления Тункинской впадины.

Для МПВ система наблюдений была ориентирована на получение прямых, встречных и нагоняющих годографов длиной 46 м. Каждая расстановка включала в себя пять пунктов возбуждения (координаты $SOU_X = -48$ м, 0 м, 22 м, 46 м, 94 м). Для МАПВ выбиралась одна из сейсмограмм, полученных по МПВ. Такая система наблюдений позволила получить изображение среды до глубины порядка 30 м. Значения поперечных волн между пунктами сейсмозондирования интерполировались.

По результатам интерпретации данных сейсморазведки методом преломленных волн в верхней 30-метровой грунтовой толще в 11 пунктах сейсмического зондирования на исследуемом профиле повсеместно выделяются 2–3 слоя. Самый верхний слой рыхлых воздушно-сухих грунтов мощностью от 2 до 20 м имеет аномально низкие значения V_p , не превышающие 420 м/с, и выделяется по всему профилю. Второй слой в водонасыщенном состоянии расположен практически по всему профилю (кроме пункта сейсмозондирования 11-040, где слой представлен воздушно-сухими грунтами с $V_p = 570$ –690 м/с) и характеризуется интервалом изменения скоростей продольных волн от

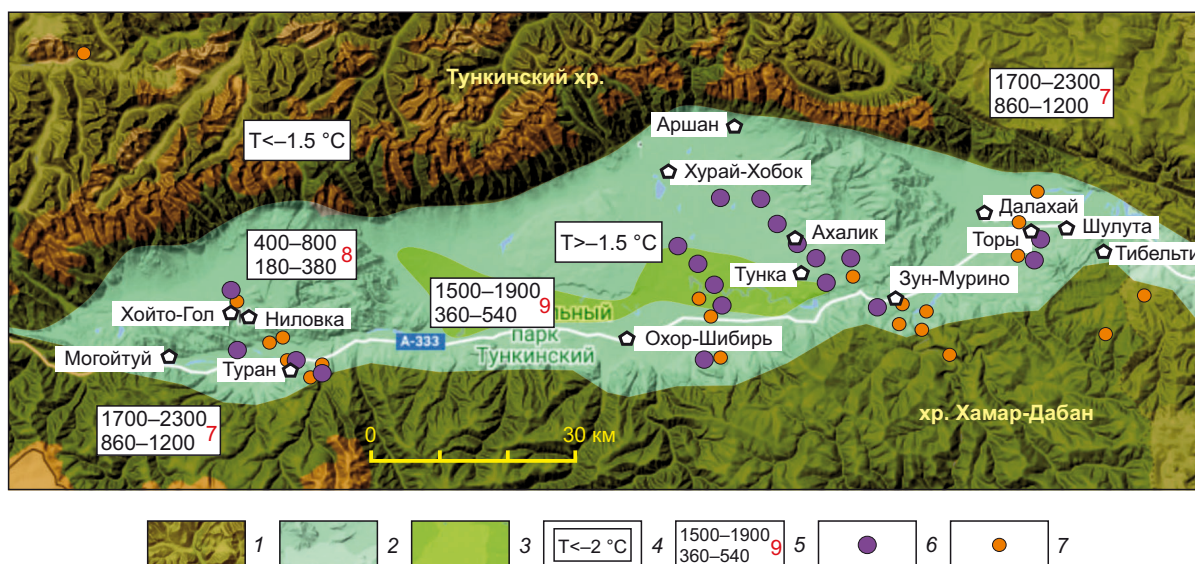


Рис. 3. Карта-схема инженерно-сейсмологической обстановки Тункинской впадины. Условные обозначения см. на рис. 1.
Fig. 3. Schematic map of the engineering-seismological situation of the Tunka basin. See Fig. 1 for symbols.

1540 до 2050 м/с. Следующий слой представлен мерзлыми грунтами, залегающими с глубины 8–16 м и имеющими скорость продольных волн от 2500 до 2670 м/с (пункты сейсмозондирования 5-019, 6-020 и 11-040). Нижняя граница мерзлой грунтовой толщи методами сейсморазведки не зафиксирована.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье изучена возможность формирования базы данных, полученных при полевых, инструментальных исследованиях, и приведены расчеты сейсмических воздействий по выбранной авторами методике. Получены и проанализированы сведения о мощности и состоянии грунтов различных типов. Методика наблюдений позволила авторам проследить за состоянием инженерно-геологических свойств отдельных комплексов грунтов в течение длительного периода.

Рассмотрены основные сейсмические параметры различных комплексов грунтов, их возможное влияние при районировании сейсмической опасности территорий и отдельных участков развития строительства и эксплуатации конкретных объектов в пределах Чарской, Муйской и Тункинской впадин.

4. ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку рукописи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

All authors made an equivalent contribution to this article, read and approved the final manuscript.

5. РАСКРЫТИЕ ИНФОРМАЦИИ / DISCLOSURE

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанного с этой рукописью.

The authors declare that they have no conflicts of interest relevant to this manuscript.

6. ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Aleshin A.S., 2017. Fundamental Aspects of Seismic Microzonation. *Earthquake Engineering. Constructions Safety* 4, 8–17 (in Russian) [Алешин А.С. Фундаментальные аспекты сейсмического микрорайонирования // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2017. № 4. С. 8–17].
- Bune V.I., Katrikh I.R., 1980. Earthquake Probability Assessment When Plotting Seismic Zoning Maps (Crimea, Moldova). In: S.V. Medvedev (Ed.), *Quantitative Seismic Impact Assessment (Problems of Engineering Seismology)*. Nauka, Moscow, p. 3–14 (in Russian) [Бунэ В.И., Катрих И.Р. Оценка вероятности землетрясений при составлении карты сейсмического районирования (Крым, Молдавия) // Количественная оценка сейсмических воздействий (вопросы инженерной сейсмологии) / Ред. С.В. Медведев. М.: Наука, 1980. С. 3–14].
- Chipizubov A.V., Smekalin O.P., Semenov R.M., Imaev V.S., 2009. Paleoseismicity of the Baikal Region. *Seismic Instruments* 36 (1), 7–22 (in Russian) [Чипизубов А.В., Смекалин О.П., Семенов Р.М., Имаев В.С. Палеосейсмичность Прибайкалья // Вопросы инженерной сейсмологии. 2009. Т. 36. № 1. С. 7–22].
- Construction in Seismic Areas, 2018. An Actual Revision of SNiP II-7-81*. SP 14.13330.2018. Standartinform, Moscow, 115 p. (in Russian) [Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81*. СП 14.13330.2018. М.: Стандартинформ, 2018. 115 с.].
- Dobrynina A.A., Sankov V.A., Predein P.A., Chechelnit-sky V.V., Tubanov Ts.A., 2016. Heterogeneity of Seismic Wave Attenuation on the Southern Pribaikalie and Transbaikalia. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth*

Sciences 17, 46–63 (in Russian) [Добрынина А.А., Саньков В.А., Предеин П.А., Чечельницкий В.В., Тубанов Ц.А. Неоднородности поля затухания сейсмических волн на территории Южного Прибайкалья и Забайкалья // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2016. Т. 17. С. 46–63].

Dzhurik V.I., Bryzhak E.V., Serebrennikov S.P., Yeskin A.Yu., 2022. Evaluation of Seismic Impacts of Strong Earthquakes in Various Permafrost and Seismic Zones of the Mongolian-Siberian Region. *Geodynamics & Tectonophysics* 13 (2), 0623 (in Russian) [Джурик В.И., Серебренников С.П., Брыжак Е.В., Ескин А.Ю. Оценка сейсмических воздействий сильных землетрясений в различных мерзлотных и сейсмических зонах Монголо-Сибирского региона // Геодинамика и тектонофизика. Т. 13. № 2. 0623]. <https://doi.org/10.5800/GT-2022-13-2s-0623>.

Dzhurik V.I., Serebrennikov S.P., Bryzhak E.V., Eskin A.Yu., 2017. Estimation and Prediction of the Behavior of Soils of Different States in Strong Earthquakes Within the Permafrost Zone of Eastern Siberia. *Natural and Technogenic Risks. Safety of Structures* 4, 32–34 (in Russian) [Джурик В.И., Серебренников С.П., Брыжак Е.В., Ескин А.Ю. Оценка и прогноз поведения грунтов различного состояния при сильных землетрясениях в пределах криолитозоны Восточной Сибири // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. 2017. № 4. С. 32–34].

Eskin A.Yu., Dzhurik V.I., Serebrennikov S.P., Bryzhak E.V., 2018. An Integrated Approach to Assessing the Seismic Hazard of Urban Areas in the Southern Angara Region (on the Example of the Left Bank of the Angara River in Irkutsk). *Geodynamics & Tectonophysics* 9 (2), 515–529 (in Russian) [Ескин А.Ю., Джурик В.И., Серебренников С.П., Брыжак Е.В. Комплексный подход к оценке сейсмической опасности городских территорий в Южном Приангарье (на примере левого берега р. Ангара в г. Иркутске) // Геодинамика и тектонофизика. 2018. Т. 9. № 2. С. 515–529]. <https://doi.org/10.5800/GT-2018-9-2-0359>.

GSZ-2015, 2015. General Seismic Zoning of the Territory of Russian Federation. Amendment No. 1 to CP 14.13330.2018 "SNiP II-7-81* Construction in Seismic Areas". Standartinform, Moscow, 27 p. (in Russian) [ОСР-2015. Общее сейсмическое районирование территории Российской Федерации. Изменение № 1 к СП 14.13330.2018 «СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах». М.: Стандартинформ, 2015. 27 с.].

Imaev V.S., Imaeva L.P., Smekalin O.P., Koz'min B.M., Grib N.N., Chipizubov A.V., 2015. A Seismotectonic Map of Eastern Siberia. *Geodynamics & Tectonophysics* 6 (3), 275–287 (in Russian) [Имаев В.С., Имаева Л.П., Смекалин О.П., Козьмин Б.М., Гриб Н.Н., Чипизубов А.В. Карта сейсмо-тектоники Восточной Сибири // Геодинамика и тектонофизика. 2015. Т. 6. № 3. С. 257–287]. <https://doi.org/10.5800/GT-2015-6-3-0182>.

Methodological Recommendations on Seismic Microzoning of Transport Facilities Construction Sites MDS 22-1.2004, 2004. FSUE CPP, Moscow, 48 p. (in Russian) [Методические рекомендации по сейсмическому микрорайонированию участков строительства транспортных сооружений МДС 22-1.2004. М.: ФГУП ЦПП, 2004. 48 с.].

Nekrasov I.A. (Ed.), 1967. *Geocryological Conditions in the Baikal Region and Transbaikalia*. Nauka, Moscow, 222 p. (in Russian) [Геокриологические условия Забайкалья и Прибайкалья / Ред. И.А. Некрасов. М.: Наука, 1967. 222 с.].

Pavlov O.V. (Ed.), 1988. *Assessing the Influence of Ground Conditions on Seismic Hazard. Methodological Guide to Seismic Microzoning*. Nauka, Moscow, 223 p. (in Russian) [Оценка влияния грунтовых условий на сейсмическую опасность: Методическое руководство по сейсмическому микрорайонированию / Ред. О.В. Павлов. М.: Наука, 1988. 223 с.].

Pavlov O.V., Zarubin N.E., Pavlenov V.A., Dzhurik V.I., 1981. Engineering-Seismological Conditions of Basins in the Eastern Part of the Baikal Rift Zone. In: *Seismic Study of Eastern Siberia*. Nauka, Moscow, p. 110–139 (in Russian) [Павлов О.В., Зарубин Н.Е., Павленов В.А., Джурик В.И. Инженерно-сейсмологические условия впадин восточной части Байкальской рифтовой зоны // Сейсмические исследования в Восточной Сибири. М.: Наука, 1981. С. 110–139].

Serebrennikov S.P., Dzhurik V.I., Bryzhak E.V., Batsaikhan Ts., 2016. Studying and Predicting the Effects of Earthquakes in the Areas of Frozen Ground in Mongolia. *The Scientific Heritage* 1 (2), 76–80 (in Russian) [Серебренников С.П., Джурик В.И., Брыжак Е.В., Батсайхан Ц. Изучение и прогноз сейсмических воздействий в зонах распространения мерзлых грунтов Монголии // The Scientific Heritage. 2016. Т. 1. № 2. С. 76–80].

Serebrennikov S.P., Dzhurik V.I., Bryzhak E.V., Eskin A.Yu., 2018. Concept of Seismic-Effect Prediction in Conditions of Cryolite Zone. *International Journal of Applied and Fundamental Research* 1, 158–162 (in Russian) [Серебренников С.П., Джурик В.И., Брыжак Е.В., Ескин А.Ю. Концепция прогноза сейсмического состояния территорий развития криолитозоны // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 1. С. 158–162].

Smekalin O.P., 2008. *Study of Paleoseismogenic Dislocations of the Southern Baikal Region*. IPE RAS, Moscow, 101 p. (in Russian) [Смекалин О.П. Изучение палеосейсмогенных дислокаций Южного Прибайкалья. М.: ИФЗ РАН, 2008. 101 с.].

Smekalin O.P., Shchetnikov A.A., White D., 2013. Arshan Palaeoseismic Feature of the Tunka Fault (Baikal Rift Zone, Russia). *Journal of Asian Earth Sciences* 62, 317–328. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2012.10.011>.