

УТОЧНЕНИЕ НОРМАТИВНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ НА УЧАСТКЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ «ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫЙ КОМБИНАТ «ГРОСС»

Н.Н. Гриб^{1,2}, И.И. Колодезников³, Г.В. Гриб¹*

¹Технический институт (ф) СВФУ им. М.К. Аммосова, г. Нерюнгри, Россия

²Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Россия

³Академия наук Республики Саха (Якутия), Россия

*grib-n-n@yandex.ru

Аннотация. Район расположения реконструируемого горно-обогатительного комбината «Гросс» юго-западная Якутия, территория которой относится к сейсмоопасным. Согласно карте ОСР 2015 с индексами А, В, С, сейсмичность района строительства равна 9, 9, 10 баллам по шкале MSK-64, соответственно.

Несмотря на значительный опыт исследований по уточнению общего сейсмического районирования, вопросы интерпретации исходных материалов, а также полученные результаты могут быть неоднозначными. В подтверждение этому можно отметить, что за последние 25 лет сменилось 4 поколения карт общего сейсмического районирования: ОСР 97, ОСР 2012, ОСР 2015, ОСР 2016.

Следует отметить, что важность исследований определяется не только сейсмобезопасностью объектов строительства, но и экономической составляющей. Так, увеличение сейсмической опасности на 1 балл, влечет за собой удорожание стоимости строительства от 13 до 20 %.

Цель исследований – уточнение уровня исходной (нормативной) сейсмичности участков изыскания с использованием методологии вероятностного анализа сейсмической опасности с учетом региональных сеймотектонических условий района строительства горно-обогатительного комбината «Гросс».

В результате анализа материалов геодинамических активных неотектонических зон, установлено наличие активных структур способных генерировать землетрясения с магнитудами $M = 6,5 - 7,0$.

Выполнена вероятностная оценка параметров сейсмических воздействий: макросейсмической интенсивности (в баллах MSK-64), пиковых ускорений и спектров реакции, для случая возникновения землетрясений максимальной возможной магнитуды M_{max} , на минимально возможном расстоянии R от исследуемой территории проектируемого строительства объектов, проведена с использованием программного обеспечения «EAST-2016».

Уточненный уровень сейсмической опасности по периодам повторяемости 500, 1000 и 5000 лет составил соответственно: $I = 8$; $I = 8,3$ и $9,1$ балла по шкале MSK-64.

Ключевые слова: геодинамика, неотектоника, землетрясения, магнитуда, эпицентрально расстояние, нормативная сейсмичность, сеймотектонические модели, модели сейсмического эффекта, вероятностный анализ сейсмической опасности.

CLARIFYING BASELINE SEISMICITY FOR A GEOTECHNICAL SURVEY SITE AT GROSS MINING AND PROCESSING PLANT

N.N. Grib^{1,2}, I.I. Kolodeznikov³, G.V. Grib¹*

¹ Technical Institute (b) M. K. Ammosov NEFU, Neryungri, Russia

²Pacific National University, Khabarovsk, Russia

³The Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia)

*grib-n-n@yandex.ru

Abstract. The Gross mining and processing plant under reconstruction is located in southwestern Yakutia, within a territory classified as earthquake-prone. According to the OSR 2015 map with indices A, B, C, the seismicity of the construction area is 9, 9 and 10 points MSK-64 scale, respectively.

Despite significant research experience in clarifying the general seismic zoning, the issues of interpreting the source materials, as well as the results obtained, may be ambiguous. In confirmation of this, it can be noted that

over the past 25 years four generations of general seismic zoning maps (OSR 97, OSR 2012, OSR 2015, OSR 2016) followed one another.

The relevance of research is determined not only by the seismic safety of construction projects, but also by their economic component. Thus, 1-point seismic hazard increase entails 13 % to 20 % construction cost increase.

The aim of the research is to specify the level of baseline seismicity for survey areas using the methodology of probabilistic seismic hazard analysis with respect to the regional seismotectonic conditions of the Gross mining and processing plant construction area.

As a result of the analysis of materials from geodynamic active neotectonic zones, the presence of active structures capable of generating earthquakes with magnitudes $M = 6.5 - 7.0$ was established.

A probabilistic assessment of the parameters of seismic impacts was carried out: macroseismic intensity (in MSK-64 points), peak accelerations and response spectra, for the case of earthquakes of the maximum possible magnitude M_{max} , at the minimum possible distance R from the study area of the projected construction of objects, was carried out using the EAST-2016 software.

The specified level of seismic hazard for return periods of 500, 1000 and 5000 years are $I = 8$, $I = 8.3$ and 9.1 points MSK-64 scale, respectively.

Keywords: geodynamics, neotectonics, earthquakes, magnitude, distance of epicenter, baseline seismicity, seismotectonic models, seismic effect models, probabilistic seismic hazard analysis.

Введение

Горно-обогатительный комбинат (ГОК) «Гросс» – это одно из двух месторождений, разрабатываемых ведущим золотодобывающим предприятием Якутии, которое успешно работает более 20 лет. Золотоизвлекательная фабрика «Гросс» осуществляет полный цикл производства, от подготовки руд и пород к выемке с помощью буровзрывных работ, до получения финального продукта – слитков золота лигатурного (сплав Дорэ).

Промышленная площадка ГОКа и вахтовый поселок Таборный, расположены на юго-западе Республики Саха (Якутия).

Исследуемая площадь расположена в пределах юго-восточной части Олекмо-Чарского нагорья, в междуречье Токко и Чаруоды (рис. 1) и относится районам повышенной сейсмической активности.

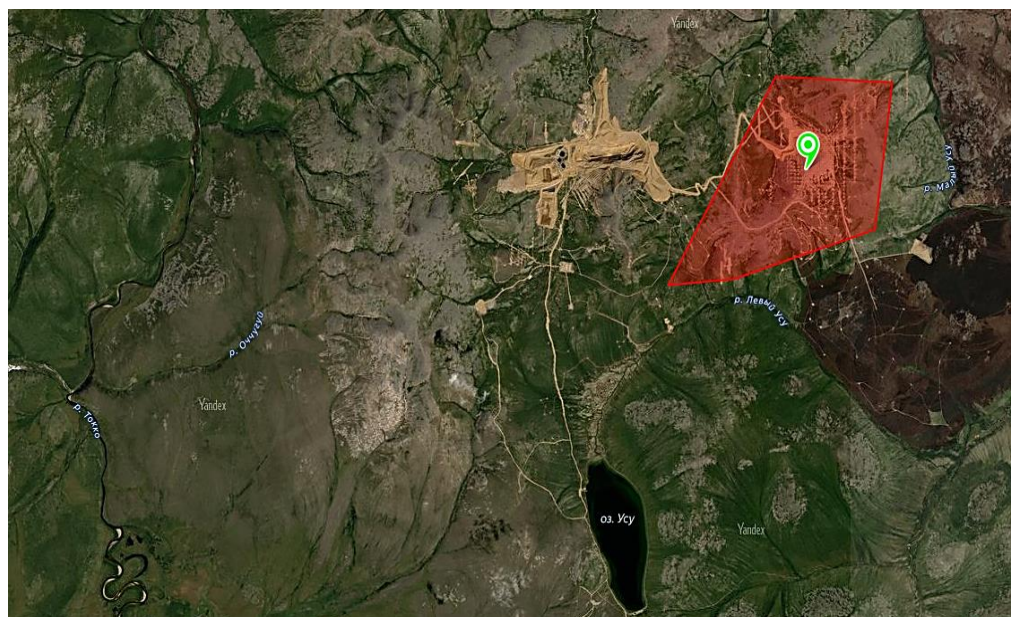


Рис. 1. Схема местоположения горно-обогатительный комбинат «Гросс» [<https://mapage.ru/sakha>]

Fig. 1. Location diagram of the Gross Mining and Processing plant [<https://mapage.ru/sakha>]

Уровень нормативной (фоновой) сейсмичности для территории Российской Федерации определяется СП 14.13330.2018 * [1] и комплектом карт общего сейсмического районирования ОСР-2015 (ОСР-97) [2]. Карты ОСР-2015 отображают сейсмическую опасность территории в баллах, которые являются основными для проведения сейсмического микрорайонирования (СМР). Изучаемый объект находится на границе 9-8 бальных зон (по карте ОСР-2015 В) и относится к повышенному уровню ответственности согласно [1] (п. 2 таблицы 4.2). Карты общего сейсмического районирования ОСР-2015 составлены в масштабе 1:8 000 000. При оценке фонового уровня сейсмической опасности расчеты выполняются с учетом региональных (генерализованных) сеймотектонических моделей. В связи с этим актуальна проблема перехода от карт ОСР к более крупномасштабным картам (1:500000–1:100000 и крупнее). Эти исследования условно называются уточнением исходной сейсмичности (УИС) [3]. В данной статье рассматривается уточнение уровня исходной (нормативной) сейсмичности участков изыскания с использованием методологии вероятностного анализа сейсмической опасности (ВАСО), которая подробно изложена в публикациях [4-6].

Методология исследования

Сеймотектоническая обстановка изучаемой площади, где локализованы Олдонгсинский и Чаруодинский рои землетрясений, расположена на контакте трех крупных геоструктур: северо-восточного окончания Байкальского рифта, юго-западной окраины Алданского щита и западного фланга Становой складчатой системы [7].

Анализ материалов по изучению геодинамических активных неотектонических зон, развитых в окрестностях изучаемой территории, показывает наличие контрастных активных структур способных генерировать землетрясения с магнитудой $M=6,5$ близширотного простирания и два разлома образующих субдолготный клин, обладающие магнитудой $M=7,0$. Активные разломы – Чаруодинский, Темулякитский; Миелинский; Тунгурчинский; Хани-Кудулинский, Олёкма-Нюкжинский; Имангро-Чебаркассский; Тас-Юряхский; Становой; Токкинская впадина (рис. 2) [7, 8].

При расчетах уровня исходной (фоновой) сейсмичности площадки изыскания использована методология вероятностного анализа сейсмической опасности.

Входными данными для проведения ВАСО являлись параметры сеймотектонической модели, заложенной в разработку карт ОСР-97 и реализованные в пакете программ PRB-60 [9]. Актуализированное программное обеспечение в 2016 г. получило название «EAST-2016» и предназначено для расчетов вероятностных оценок сейсмической опасности [10]. В основу вероятностного анализа сейсмической опасности (ВАСО) положены две взаимосвязанные сейсмогеодинамические модели (рис. 3): модель зон возникновения очагов землетрясений (зон ВОЗ) и модель сейсмического эффекта (МСЭ) [2].

Применение ПО EAST-2016, при выполнении работ для оценки уровня исходной (фоновой) сейсмичности, можно считать обоснованным как наиболее адаптированного к требованиям национальных стандартов Российской Федерации и ориентированного на обеспечение технологической цепочки ОСР – УИС – СМР [11].

Обсуждение результатов

Уровень нормативной сейсмичности, на изучаемой площади, по картам ОСР-2015, в соответствии с СП 14.13330.2018 * (приложение А), значимо выше: Карта А ($T=500$ лет) интенсивность $I=9,0$ баллов; Карта В ($T=1000$ лет) интенсивность $I=9,0$ баллов; Карта С ($T=5000$ лет) интенсивность $I=10,0$ баллов.

На исследуемой площадке строительства горно-обогатительного комбината «Гросс» уточнение оценок исходной сейсмичности выполнено в программе EAST-2016 с использованием электронной базы ОСР-2016 и уравнения макроскопического поля (п.8.2, СП 286.1325800.2016), которые заложены в данную программу.

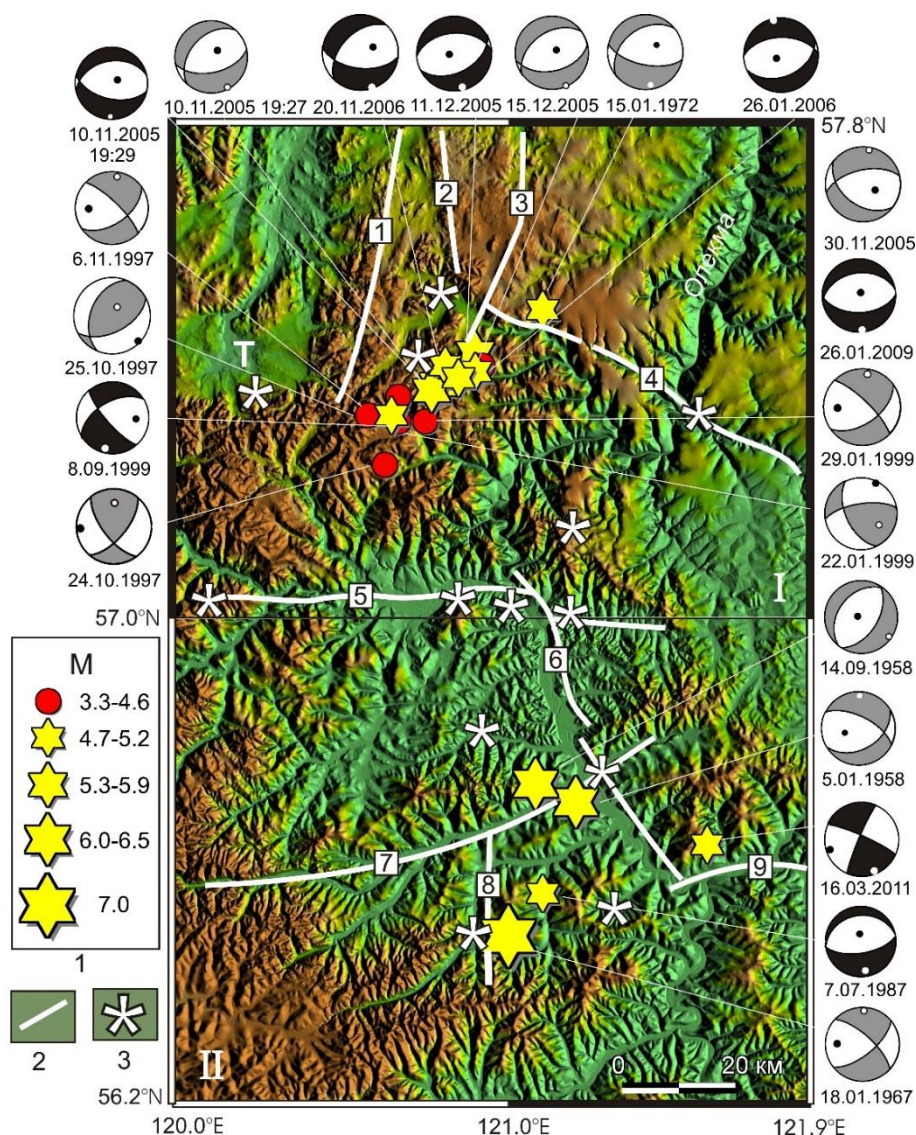


Рис. 2. Схема разломов, активизированных в кайнозое и механизмы очагов землетрясений Чародинского (I) и Олёкминского (II) районов [8]:

1 – эпицентры землетрясений с $M \geq 3.3$, имеющих решения фокального механизма; 2 – кайнозойские разломы (обозначены арабскими цифрами в прямоугольниках); 3 – установленные палеосейсмодислокации; активные разломы: 1 – Чародинский, 2 – Темулякитский; 3 – Миелинский; 4 – Тунгурчинский; 5 – Хани-Кудулинский; 6 – Олёкма-Нюкжинский; 7 – Имангро-Чебаркаасский; 8 – Тас-Юряхский; 9 – Становой; Т – Токкинская впадина

Примечание: стереограммы механизмов очагов землетрясений приведены в проекции нижней полусферы, области волн сжатия закрашены (черным цветом в случае решения СМТ, полученном в агентстве HRVD), темными и светлыми точками обозначены выходы осей напряжений сжатия и растяжения

Fig. 2. Diagram of faults activated in the Cenozoic and mechanisms of earthquake foci in the Charodinsky (I) and Olyokminsky (II) districts [8]:

1 – epicenters of earthquakes with $M \geq 3.3$ having solutions of the focal mechanism; 2 – Cenozoic faults (indicated by Arabic numerals in rectangles); 3 – established paleoseismodislocations; active faults: 1 – Charodinsky, 2 – Temulyakitsky; 3 – Mielinsky; 4 – Tungurchinsky; 5 – Khani-Kudulinsky; 6 – Olyokma-Nyukzhinsky; 7 – Imangro-Chebarkassky; 8 – Tas-Yuryakhsky; 9 – Stanovoy; T – Tokkin depression

Note: stereograms of the mechanisms of earthquake foci are shown in the projection of the lower hemisphere, the areas of compression waves are shaded (in black in the case of the CMT solution obtained by HRVD), dark and light dots indicate the outputs of the axes of compression and tension stresses



Рис. 3. Концепция методологии ОСП-97 (по В.И. Уломову) [2]

Fig. 3. The concept of the SRP-97 methodology (according to Ulomov) [2]

Параметры сейсмических воздействий оценивались: для периода повторяемости ожидаемых землетрясений $T=500$ лет, карта ОСП-2015-А, что соответствует нормальному уровню ответственности проектируемых сооружений, для периодов $T=1000$ лет (карта ОСП-2015-В) и периода $T=5000$ лет (карта ОСП-2015-С), что соответствует повышенному уровню ответственности проектируемых сооружений.

Сейсмическая опасность гидротехнических сооружений, оценивалась для $T=500$ лет (уровень проектного землетрясения ПЗ) и периода $T=5000$ лет (максимальное расчетное землетрясение МРЗ).

По результатам УИС, то есть при переходе от карт ОСП к более крупномасштабным, мы получаем более взвешенные значения сейсмической опасности изучаемой территории.

Результаты расчетов УИС для средних грунтов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Уточненная исходная фоновая сейсмическая интенсивность площадки

Table 1 – Refined initial background seismic intensity of the site

Координаты площадки		Уточненная исходная нормативная сейсмическая интенсивность по картам ОСП-2015		
Широта	Долгота	А	В	С
57.67	120.0	8.0	8.3	9.1

На первом этапе используются модели зон ВОЗ для генерирования каталога землетрясений определенного периода повторяемости: $T=500$ лет, $T=1000$ лет, $T=5000$ лет.

Были сгенерированы землетрясения со следующими параметрами: магнитудой, площадью очага землетрясения, азимутом, (определяющим простирание очага землетрясения), углом между горизонтальной плоскостью и площадью очага, координаты и глубина гипоцентра.

Далее рассчитывается сейсмический эффект от каталога землетрясений в расчётной точке с использованием модели сейсмического эффекта (МСЭ) и рассчитывается величина балльности для периодов повторяемости: $T=500$ лет, $T=1000$ лет, $T=5000$ лет.

Представленные в таблице 2 расчётные параметры являются уточненной исходной сейсмической опасностью для участка изысканий.

Таблица 2 – Сводные результаты оценки, уточненной исходной сейсмической опасности в параметрах макросейсмической интенсивности, длительности колебаний (сек) и пиковые горизонтальных ускорений (g) для периодов повторяемости 500, 1000 и 5000 лет

Table 2 – Summary results of the assessment of the refined initial seismic hazard in the parameters of macroseismic intensity, duration of oscillations (sec) and peak horizontal accelerations (g) for recurrence periods of 500, 1000 and 5000 years

Периоды T , лет	Интенсивность, I балл	Длительность колебаний, сек	Пиковые ускорения, PGA , g
500	8.0	8.79	0.24
1000	8.3	11.32	0.30
5000	9.1	29.91	0.45

Вероятностная оценка параметров сейсмических воздействий: макросейсмической интенсивности (в баллах MSK-64), пиковых ускорений и спектров реакции для случая возникновения землетрясений максимальной возможной магнитуды M_{max} , на минимально возможном расстоянии R от исследуемой территории проектируемого строительства объектов, проведена с использованием метода деагрегации.

Основной задачей полученного распределения – прогноз развития возможного сценария возникновения землетрясений, значений магнитуды и эпицентрального расстояния до землетрясения. В качестве расчетного землетрясения возможного сценария сейсмических событий рекомендуется выбор модального (т.е. имеющего наибольшую вероятность) землетрясения, которое может произойти в исследуемом районе.

Магнитуда и эпицентральное расстояние расчетного землетрясения использовались как основные характеристики при расчете акселерограмм землетрясений аналогов.

Расчеты деагрегации сейсмической опасности выполнялись по программе EAST-2016. Назначение деагрегационного анализа сейсмической опасности – оценка процентного вклада в расчетное воздействие землетрясений с шагом по магнитуде и гипоцентральному расстоянию; процентный вклад в расчетное воздействие зон ВОЗ [2].

В результате деагрегационного анализа сейсмической опасности установлено, что основной вклад в расчетную интенсивность, для периода 500 лет, вносят землетрясения с магнитудой $M_{LH}=5.0\pm0.5$ и гипоцентральной расстоянием 10 ± 5 км; для периода 1000 лет, с магнитудой $M_{LH}=5.0\pm0.5$ и гипоцентральными расстояниями 10 ± 5 км; для периода 5000 лет, с магнитудой $M_{LH}=5.5.0\pm0.5$ и гипоцентральной расстоянием 10 ± 5 (рис. 4 – 6).

При выборе параметров, синтезированных акселерограмм использовались результаты деагрегационного анализа сейсмической опасности, для периода повторяемости 1000 лет.

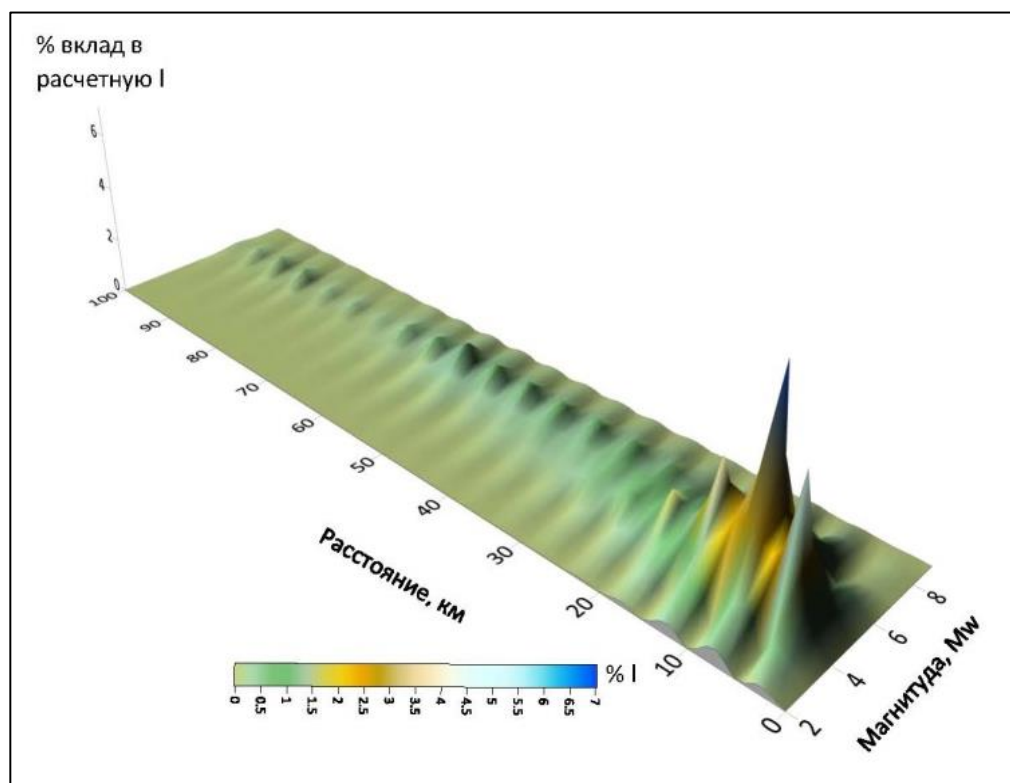


Рис. 4. Деагрегационный анализ сейсмической опасности для периода повторяемости 500 лет

Fig. 4. Segregational analysis of seismic hazard for a repeatability period of 500 years

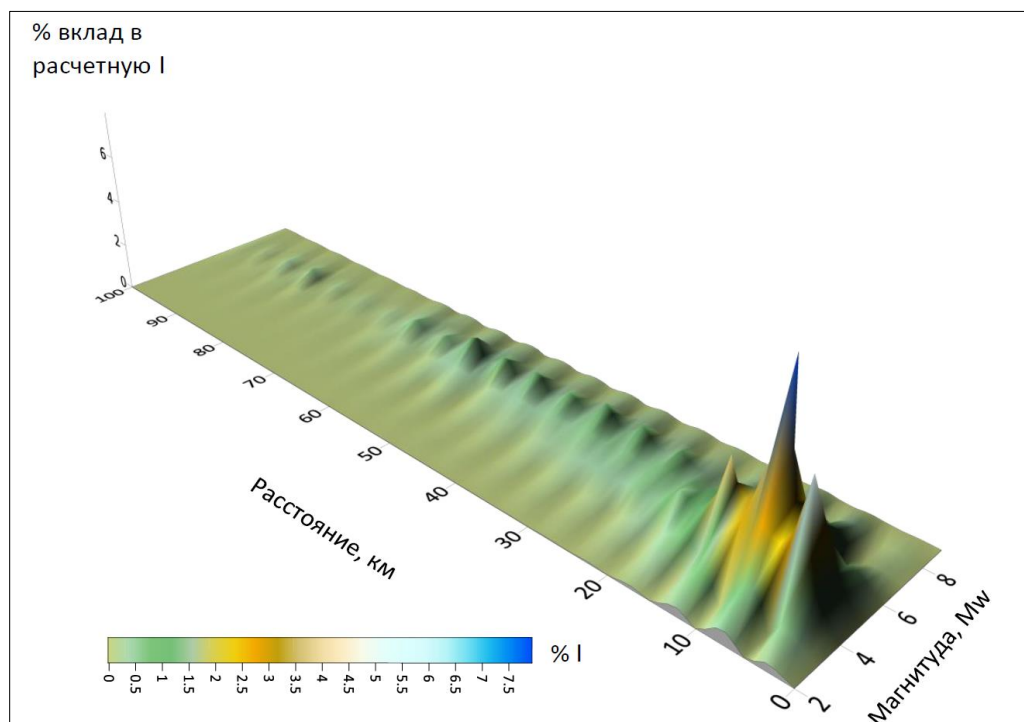


Рис. 5. Деагрегационный анализ сейсмической опасности для периода повторяемости 1000 лет

Fig. 5. Segregational analysis of seismic hazard for a repeatability period of 1000 years

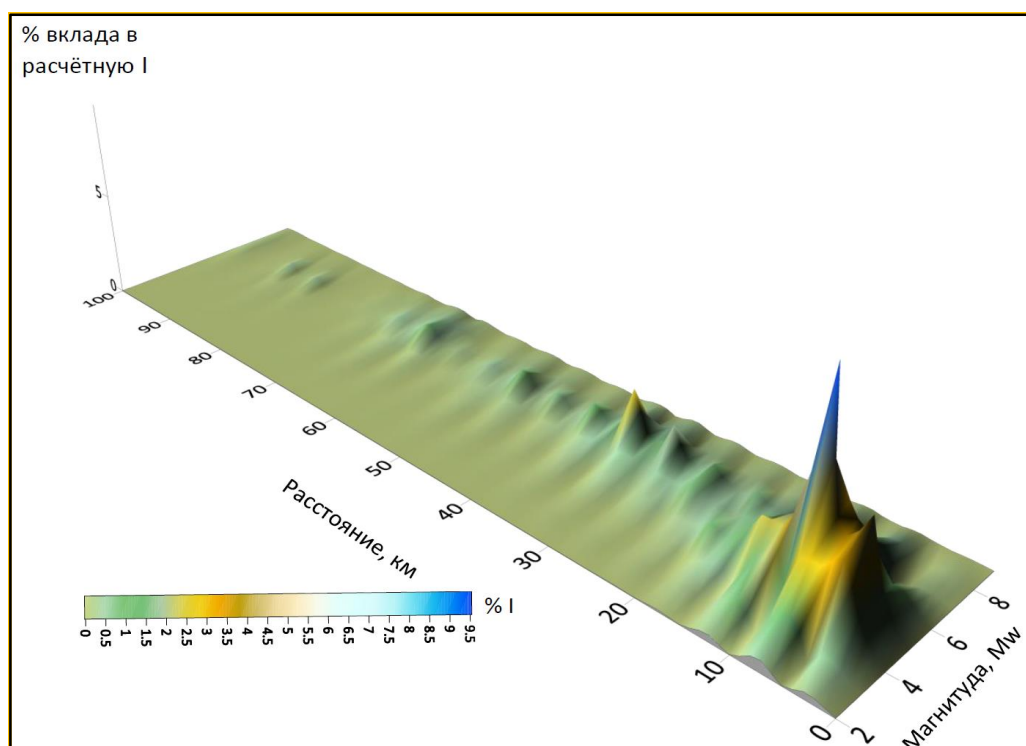
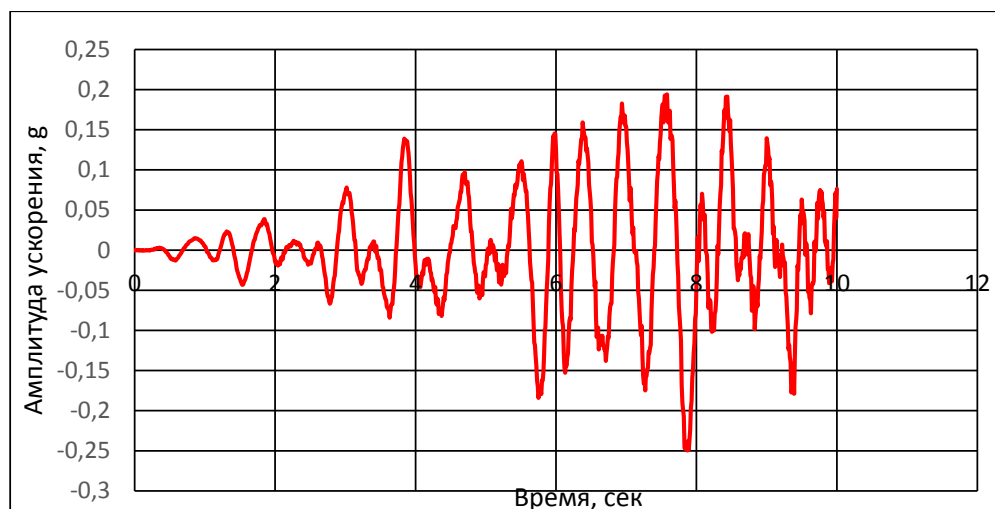


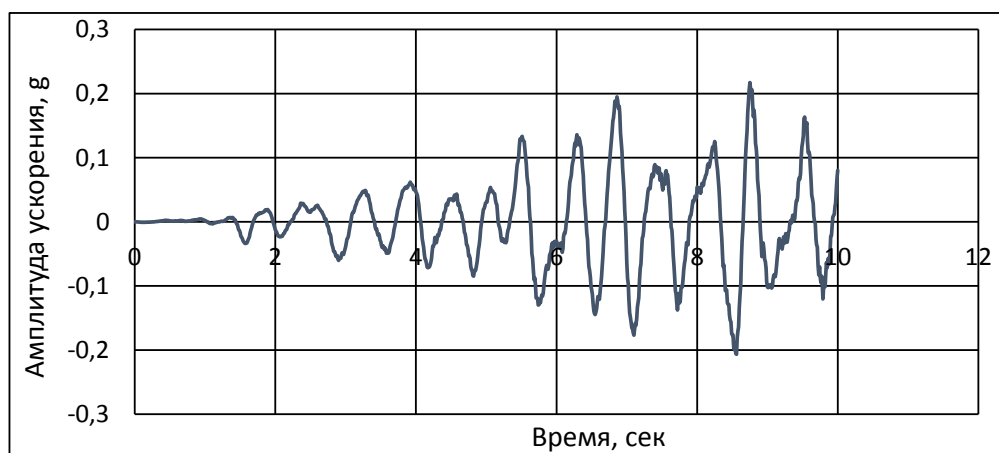
Рис. 6. Деагрегационный анализ сейсмической опасности для периода повторяемости 5000 лет

Fig. 6. Segregational analysis of seismic hazard for a repeatability period of 5000 years

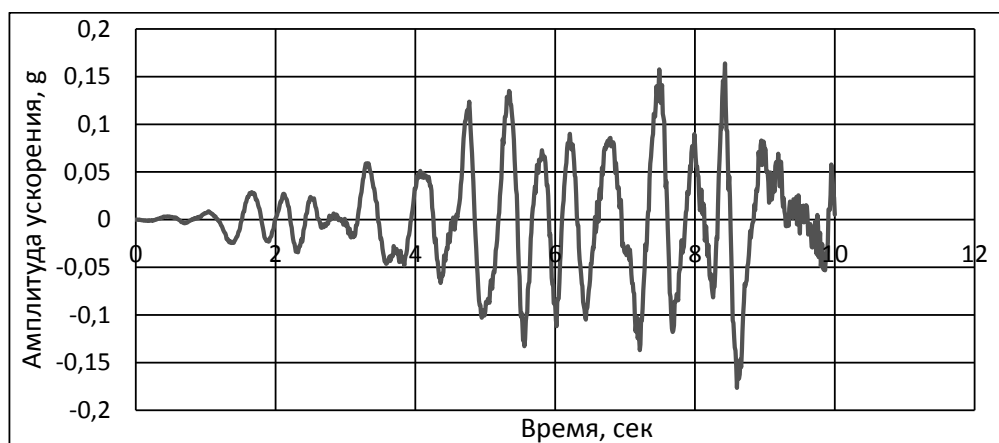
Набор синтезированных акселерограмм для прогнозируемой максимальной ожидаемой балльности сейсмического события 8,3 балла и средних грунтовых условий исследуемой территории был генерирован методами, основанными на «модели разлома» [12]. В результате расчётов были генерированы синтезированные акселерограммы – три составляющие (рис. 7, а-в). Максимальная амплитуда ускорения: горизонтальная компонента $X = -0,25g$, горизонтальная компонента $Y = 0,22g$, вертикальная компонента $Z = -0,18$. Синтезированные акселерограммы – аналоги, в дальнейшем используются для получения расчетных акселерограмм с учетом физико-механических и сейсмических свойств грунтов при сейсмическом микрорайонировании.



а



а



б

Рис. 7. Исходные акселерограммы для периода повторяемости 1000 лет
а – горизонтальная, X; б – горизонтальная, Y; в – вертикальная, Z

Fig. 7. Initial accelerograms for a repeatability period of 1000 years
a – horizontal, X; b – horizontal, Y; c – vertical, Z

Закключение

Таким образом, сейсмотектонический анализ позволил установить основные сейсмогенерирующие структуры в исследуемом регионе, способные продуцировать землетрясения с максимальными магнитудами 6,5-7. Применение методологии вероятностного анализа сейсмической опасности, реализованной в программе EAST-2016, позволило адекватно оценить уровень сейсмической опасности по периодам повторяемости 500, 1000 и 5000 лет соответственно, он составил: $I = 8$; $I = 8,3$ и $9,1$ балла по шкале MSK-64. В результате деагрегационного анализа сейсмической опасности установлено, что основной вклад в расчетную сейсмичность вносят землетрясения с магнитудой $M_{LH} = 5.0 \pm 0.5$ и гипоцентральной расстоянием 10 ± 5 км, для $T = 500$ и 1000 лет, для периода 5000 лет, с магнитудой $M_{LH} = 5.5.0 \pm 0.5$ и гипоцентральной расстоянием 10 ± 5 .

Полученные результаты будут являться основой в процессе проведения сейсмического микрорайонирования при реконструкции горно-обогатительного комбината «Гросс».

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда, проект № 24-17-20031, <https://rscf.ru/project/24-17-20031> и Министерства образования и науки Хабаровского края (Соглашение № 124С/2024).

Литература

1. СП14.13330.2018*. Строительство в сейсмических районах. – М.: Стандартинформ, 2018. – 208 с. – Текст : непосредственный.
2. Уломов, В.И. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСП-97. Масштаб 1:8000000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах / В.И. Уломов, Л.С. Шумилина : ОИФЗ, 1999–2000. Карта на 4-х листах (Главные редакторы В.Н. Страхов и В.И. Уломов). М.: ОИФЗ–РОСКАРТОГРАФИЯ. – 2000. – 57 стр. – Текст : непосредственный.
3. Соловьев, В.Н. Уточнение фоновой сейсмичности на участке изысканий «Сахалинская ГРЭС-2» (о. Сахалин) / В.Н. Соловьев, И.Н. Тихонов, А.И. Кожурин. – Текст : непосредственный // Вопросы инженерной сейсмологии. 2014. Т. 41. № 2. С. 60 – 76.
4. Kramer, S.L. Geotechnical earthquake engineering / Kramer, S.L. – Prentice Hall Inc., 1996. – 672 pp. Kramer, S.L. – Text : unmediated.
5. Gupta, I.D. Probabilistic seismic hazard analyses method for mapping of spectral amplitudes and other design-specific quantities to estimate the earthquake effects on manmade structures / I.D. Gupta – Text : unmediated // ISET Journal of Earthquake Technology, Paper No. 480. 2007. V. 44. No. 1, March. p. 127–167.
6. McGuire, R.K. Seismic Hazard and Risk Analysis, Earthquake Engineering Research Institute Monograph MNO-10, 2004, 221 pp. – Text : unmediated
7. Гриб, Н.Н. Уточнение исходной сейсмичности района строительства горно-обогатительного комбината «Токинское» / Н.Н. Гриб, И.И. Колодезников, Г.В. Гриб // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 1 (139). – URL: <https://research-journal.org/archive/1-139-2024-january/10.23670/IRJ.2024.139.27> (дата обращения: 25.01.2024). – DOI: 10.23670/IRJ.2024.139.27
8. Имаева, Л.П. Эволюция сеймотектонических процессов восточного фланга Байкальской рифтовой зоны / Л.П. Имаева, В.И. Мельникова, В.С. Имаев [и др.] – Иркутск: Институт земной коры СО РАН, 2012. – 202 с.
9. Уломов, В.И. О программно-математическом обеспечении построения карт вероятностного сейсмического районирования по методологии ОСП-97 / В.И. Уломов. – Текст: непосредственный // Геофизические исследования: сборник научных трудов Института физики Земли РАН. Выпуск 7. М.: Изд-во ИФЗ РАН, 2007. С. 29–52.
10. ПМОВОСТОК-2016 (EAST-2016) / [Электронный ресурс] – URL: <https://yadi.sk/d/XeEGf8jY8FswYQ>
11. Перетокин, С.А. Оценка исходной сейсмичности в задачах инженерно-сейсмологических исследований / С.А. Перетокин. – Текст : электронный // Материалы XVII Общероссийской научно-практической конференции и выставки «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации», г. Москва, 29 ноября – 2 декабря 2022 г. М.: ООО «Геомаркетинг». 2022. – 512 с. <https://doi.org/10.25296/978-5-6047951-5-6-2022-12-1-512>.
12. Руководства по ядерной и радиационной безопасности: “Определение исходных сейсмических колебаний грунта для проектных основ”. (РБ – 006 – 98). Нормативный документ. – М.: НТЦ ЯРБ 2000, 76с.

References

1. SP14.13330.2018*. Stroitel'stvo v sejsmicheskikh rajonah. – M.: Standartinform, 2018. – 208 s. – Tekst : neposredstvennyj.
2. Ulomov, V.I. Komplekt kart obshhego sejsmicheskogo rajonirovaniya territorii Rossijskoj Federacii – OSR-97. Masshtab 1:8000000. Ob#jasnitel'naja zapiska i spisok gorodov i naselennyh punktov, raspolozhennyh v

sejsmoopasnyh rajonah / V.I. Ulomov, L.S. Shumilina : OIFZ, 1999–2000. Karta na 4-h listah (Glavnye redaktory V.N. Strahov i V.I. Ulomov). M.: OIFZ–ROSKARTOGRAFIJa. – 2000. – 57 str. – Tekst : neposredstvennyj.

3. Solov'ev, V.N. Utochnenie fonovoj sejsmichnosti na uchastke izyskanij «Sahalinskaja GRJeS-2» (o. Sahalin) / V.N. Solov'ev, I.N. Tihonov, A.I. Kozhurin. – Tekst : neposredstvennyj // Voprosy inzhenernoj sejsmologii. 2014. T. 41. № 2. S. 60 – 76.

4. Kramer, S.L. Geotechnical earthquake engineering / Kramer, S.L. – Prentice Hall Inc., 1996. – 672 rr. Kramer, S.L. – Text : unmediated.

5. Gupta, I.D. Probabilistic seismic hazard analyses method for mapping of spectral amplitudes and other designspecific quantities to estimate the earthquake effects on manmade structures / I.D. Gupta – Text : unmediated // ISET Journal of Earthquake Technology, Paper No. 480. 2007. V. 44. No. 1, March. p. 127–167.

6. McGuire, R.K. Seismic Hazard and Risk Analysis, Earthquake Engineering Research Institute Monograph MNO-10, 2004, 221 pp. – Text : unmediated

7. Grib, N.N. Utochnenie ishodnoj sejsmichnosti rajona stroitel'stva gorno-obogatitel'nogo kombinata «Tokinskoe» / N.N. Grib, I.I. Kolodeznikov, G.V. Grib // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2024. – № 1 (139). – URL: <https://research-journal.org/archive/1-139-2024-january/10.23670/IRJ.2024.139.27> (data obrashhenija: 25.01.2024). – DOI: 10.23670/IRJ.2024.139.27

8. Imaeva, L.P. Jevoljucija sejsmotektonicheskikh processov vostochnogo flanga Bajkal'skoj riftovoj zony / L.P. Imaeva, V.I. Mel'nikova, V.S. Imaev [i dr.] – Irkutsk: Institut zemnoj kory SO RAN, 2012. – 202 s.

9. Ulomov, V.I. O programmno-matematicheskom obespechenii postroenija kart verojatnostnogo sejsmicheskogo rajonirovanija po metodologii OSR-97 / V.I. Ulomov. – Tekst: neposredstvennyj // Geofizicheskie issledovaniya: sbornik nauchnyh trudov Instituta fiziki Zemli RAN. Vypusk 7. M.: Izd-vo IFZ RAN, 2007. S. 29–52.

10. PMO VOSTOK-2016 (EAST-2016) / [Elektronnyj resurs] – URL: <https://yadi.sk/d/XeEGf8jY8FswYQ>

11. Peretokin, S.A. Ocenka ishodnoj sejsmichnosti v zadachah inzhenerno-sejsmologicheskikh issledovanij / S.A. Peretokin. – Tekst : jelektronnyj // Materialy XVII Obshherossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii i vystavki «Perspektivy razvitiya inzhenernyh izyskanij v stroitel'stve v Rossijskoj Federacii», g. Moskva, 29 nojabrja – 2 dekabrja 2022 g. M.: OOO «Geomarketing». 2022. – 512 s. <https://doi.org/10.25296/978-5-6047951-5-6-2022-12-1-512>.

12. Rukovodstva po jadernoj i radiacionnoj bezopasnosti: «Opredelenie ishodnyh sejsmicheskikh kolebanij grunta dlja proektnykh osnov». (RB – 006 – 98). Normativnyj dokument. – M.: NTC JaRB 2000, 76s.

Сведения об авторах

ГРИБ Николай Николаевич – д.т.н., профессор кафедры «Горное дело» Технического института (ф) СВФУ в г. Нерюнгри, в.н.с. Тихоокеанского государственного университета, e-mail: grib-n-n@yandex.ru

GRIB Nikolai – Doctor of Engineering. Neryungri Technical Institute (b) M.K. Ammosov NEFU, Mining Department Professor; Leading Researcher at Pacific National University, e-mail: grib-n-n@yandex.ru

ГРИБ Галина Владиславовна – к.г.-м.н., зав. лабораторией Технического института (ф) СВФУ в г. Нерюнгри, e-mail: n-grib@list.ru

GRIB Galina – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Neryungri Technical Institute (b) M.K. Ammosov NEFU, Laboratory Head, e-mail: n-grib@list.ru

КОЛОДЕЗНИКОВ Игорь Иннокентьевич – д.г.-м.н., профессор, советник Президента академии наук Республики Саха (Якутия), e-mail: i-i-kol@yandex.ru

KOLODEZNIKOV Igor – Doctor of Geological Mineralogical Sciences, Professor, Counselor to the President of the Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia), e-mail: i-i-kol@yandex.ru