

ОБЩАЯ И РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ. ГЕОТЕКТНИКА И ГЕОДИНАМИКА / GENERAL AND REGIONAL GEOLOGY. GEOTECTONICS AND GEODYNAMICS

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.27>

УТОЧНЕНИЕ ИСХОДНОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ РАЙОНА СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА «ТОККИНСКОЕ»

Научная статья

Гриб Н.Н.^{1,*}, Колодезников И.И.², Гриб Г.В.³

¹ORCID : 0000-0001-9237-0292;

²ORCID : 0009-0003-7227-7228;

^{1,3}Технический институт (филиал) Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, Нерюнгри, Российская Федерация

²Академия наук Республики Саха (Якутия), Якутск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (grib-n-n[at]yandex.ru)

Аннотация

Территория юго-западной Якутии относится к сейсмически опасным районам. При строительстве объектов повышенного уровня ответственности, в данных районах, требуется проведение специализированных сейсмологических и сеймотектонических исследований, уточнение исходной сейсмичности. Из анализа сеймотектонической обстановки установлено, что основная сейсмичность группируется в Чаруодинский рой землетрясений, расположенный в 100-120 км. к юго-востоку от объекта. В районе исследований известно несколько сейсмогенных разломов способных генерировать местные землетрясения с магнитудой $M=6,5$ близширотного простирания и два разлома образующих субдолготный клин обладающие магнитудой $M=7,0$, которые и определяют сейсмическую опасность объекта строительства. Построенный график повторяемости землетрясений, нормированный по площади на 10000 км^2 и по времени на 1 год, явился основой для оценки уровня сейсмического режима. Используя установленное уравнение и периоды, согласно карт ОСР 2015, А – 500 лет, В – 1000 лет, получили расчетные значения уточненного уровня сейсмического воздействия для изучаемой площади, которые составили 8 баллов.

Ключевые слова: сейсмическая опасность, активные разломы, уточненный исходный сейсмический балл, график повторяемости.

SPECIFICATION OF THE INITIAL SEISMICITY OF THE CONSTRUCTION AREA OF THE "TOKKINSKOYE" MINING AND PROCESSING PLANT

Research article

Grib N.N.^{1,*}, Kolodeznikov I.I.², Grib G.V.³

¹ORCID : 0000-0001-9237-0292;

²ORCID : 0009-0003-7227-7228;

^{1,3}Technical Institute (branch) Northeastern Federal University named after M.K. Ammosov, Neryungri, Russian Federation

²Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russian Federation

* Corresponding author (grib-n-n[at]yandex.ru)

Abstract

The territory of southwestern Yakutia belongs to seismically hazardous areas. Construction of facilities of high level of responsibility in these areas requires to be specialized seismological and seismotectonic studies, specification of initial seismicity. From the analysis of seismotectonic situation, it was established that the main seismicity is clustered in the Charuodinsky earthquake swarm, located 100-120 km. to the south-east of the site. In the research area, there are several seismogenic faults capable of generating local earthquakes with magnitude $M=6.5$ near-latitudinal strike and two faults forming a sub-longitudinal wedge with magnitude $M=7.0$, which determine the seismic hazard of the construction site. The constructed graph of earthquake recurrence, normalized by area per 10000 km^2 and time per 1 year, was the basis for assessing the level of seismic regime. Using the established equation and periods, according to OSR maps 2015, A – 500 years, B – 1000 years, the calculated values of the specified level of seismic impact for the study area were obtained, which amounted to 8 points.

Keywords: seismic hazard, active faults, refined initial seismic score, magnitude-frequency relationship.

Введение

Строительство горно-обогатительного комбината (ГОК) «Токкинское» планируется на одноименном золоторудном месторождении в юго-западной Якутии.

Месторождение относится к «угуйскому» промышленному типу золоторудных месторождений, сформированных в коре выветривания, в которой убогие руды с содержанием золота 0,7–0,9 г/т были преобразованы в промышленные руды, уникальные по своим технологическим свойствам [1].

Район строительства относится к сейсмоопасному. Согласно карте ОСР 2015, с индексами А, В, С, сейсмичность района строительства равна 9, 9, 10 баллам по шкале MSK-64, соответственно [2], [3].

Объекты горнодобывающей отрасли относятся к повышенному уровню ответственности и в соответствии с требованиями [2] нормативная сейсмичность определяется по карте ОСР 2015 В, а для уточнения сейсмичности

района строительства объектов, дополнительно проводят специализированные сейсмологические и сеймотектонические исследования, уточнение исходной сейсмичности (УСИ).

Методы исследования

Уточнение исходной сейсмичности – это переход на более крупный масштаб от общего сейсмического районирования. Поэтому целью исследований являлось уточнение общего сейсмического районирования с учетом региональных сеймотектонических условий района строительства горно-обогатительного комбината «Токкинское»

Для создания каталогов сейсмологических данных и построения карты эпицентров землетрясений исследуемого района, использовались данные наблюдений, обобщенных Единой геофизической службой РАН и Байкальским филиалом ЕГС РАН (БФ ЕГС РАН), за время сейсмологических наблюдений 1957-2013 гг. и за период с 1994 по 2021 гг. Из анализа каталогов следует, что распределение эпицентров землетрясений в исследуемом районе и классов землетрясений, существенных отличий не установлено. Каталог землетрясений, за период (1994 – 2021), размещен на сайте [4].

Отчетливо видно, что основная сейсмичность группируется в Чаруодинский рой землетрясений, расположенный в 100-120 км. к юго-востоку от объекта и образует вытянутую полосу более слабой сейсмичности в северо-восточном направлении, развитую вдоль Чарской впадины. В районе исследуемого объекта не зарегистрировано сколько-нибудь сильно ощутимых землетрясений.

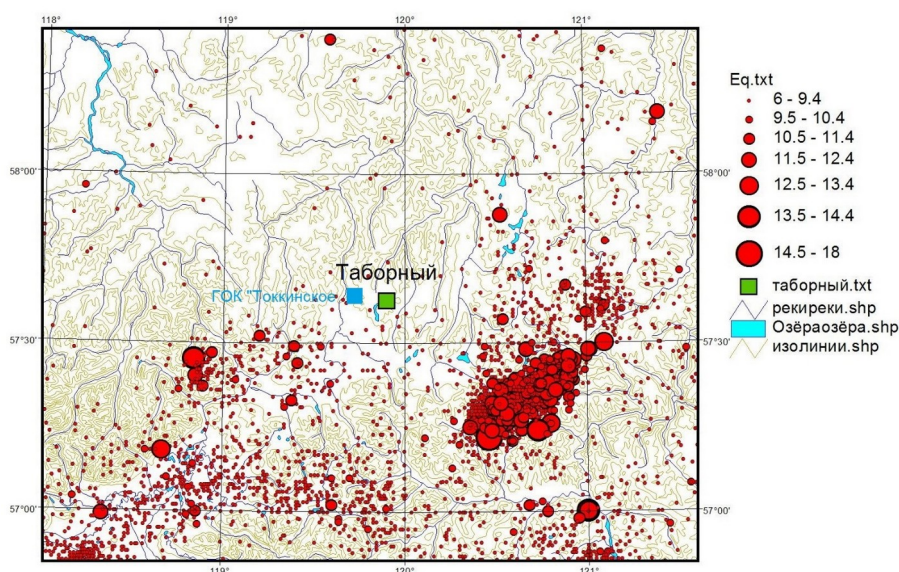


Рисунок 1 - Карта эпицентров землетрясений района исследований - DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.27.1>

Примечание: период наблюдений 1957-2013 гг; размер кружка соответствует величине землетрясений в энергетических классах; пуанксон синего цвета соответствует положению объекта исследований.

Анализ материалов по изучению геодинамических активных неотектонических зон, развитых в окрестностях изучаемой территории, показывает наличие контрастных активных структур высоких значений и своеобразной структурной ступени северо-восточного простирания, приуроченной к границе Верхнетоккинской впадины (рис. 2) [5], [6], [7].

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. В районе отмечен ряд палео- и современных сейсмодислокаций и сеймопроявлений (обвалы, оползни и др.), имеют место другие проявления тектонической активности (термальные источники, высокий тепловой поток, наледные процессы и т.д.). Следует отметить, что данная область пространственно ближе всего расположена к району исследований, который является периферийным участком Чаруодинского эпицентрального поля.

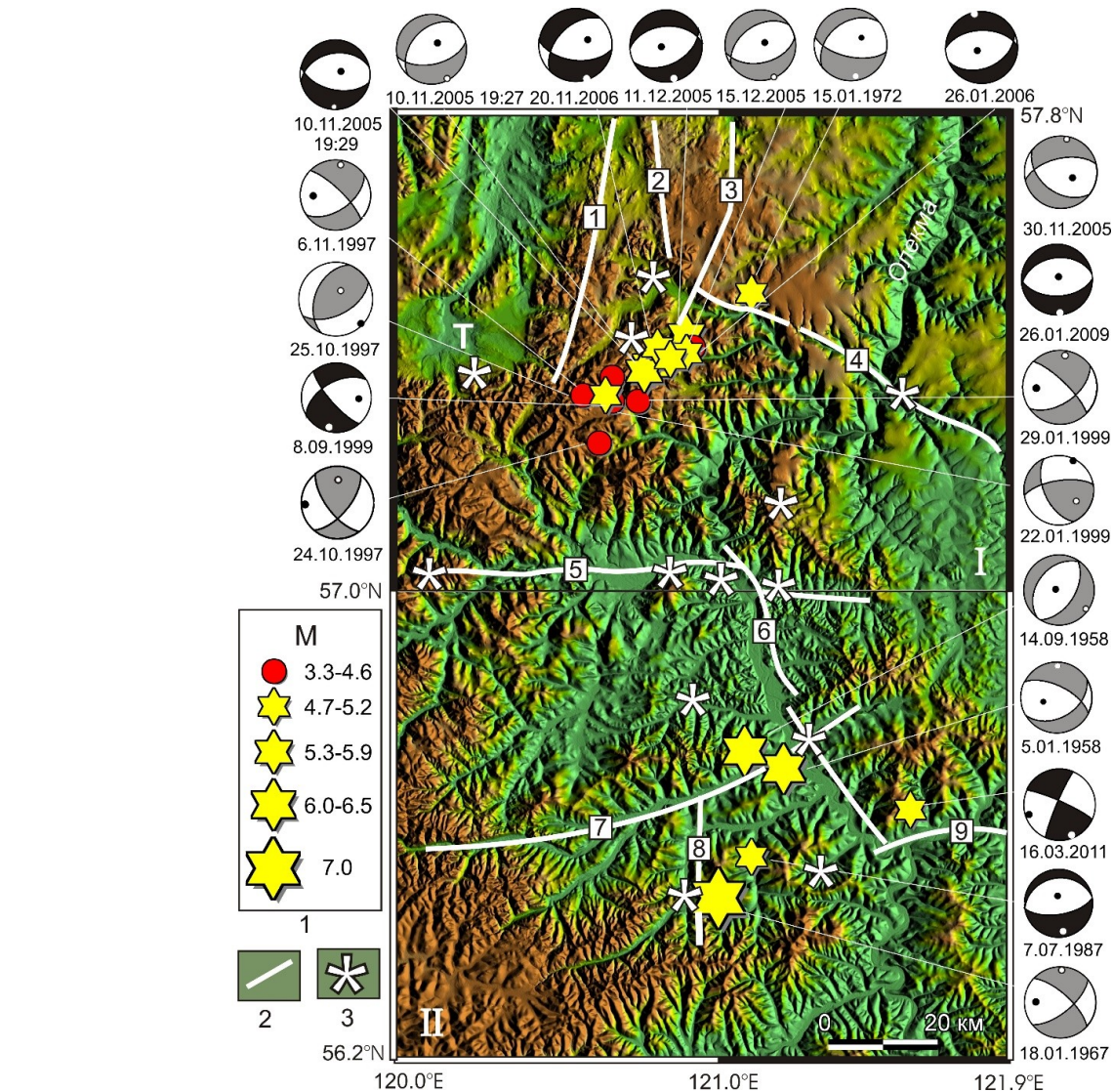


Рисунок 2 - Схема разломов, активизированных в кайнозое и механизмы очагов землетрясений Чаруодинского (I) и Олёкминского (II) районов:

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

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.27.2>

Примечание: по ист. [5]; 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

Из анализа рисунка 2, можно выделить три группы разрывных нарушений: региональные глубинные разломы I порядка (Темулякитский, Хани-Кудулинский и др.), которые соответствуют крупным межблоковым разрывам; крупные локальные разломы II порядка (Токкинский, Ат-Бастаахский и др.), соответствующие внутриблоковым разрывам; разломы III порядка, формирующие густую сеть локальных нарушений и зон повышенной трещиноватости горных пород.

Из представленной схемы активных разломов, служащей основанием для дальнейших исследований по уточнению исходной сейсмичности видно, что в районе исследований известно несколько сейсмогенных разломов способных продуцировать местные землетрясения с магнитудой $M=6,5$ близширотного простирания и два разлома образующих субдолготный клин, обладающие магнитудой $M=7,0$.

Для статистической оценки сейсмической опасности площади исследований использовалась карта ОСР-2015, с индексами А, В, С, соответствующие пятидесятилетнему, тысячному и пятидесятилетнему средним интервалам времени между землетрясениями расчетной силы. Согласно упомянутой карте, сейсмичность района строительства равна 9, 9, 10 баллам по шкале MSK-64, соответственно.

Используя в совокупности все имеющиеся сейсмологические и сеймотектонические материалы по западной части Алданского щита, района Чаруодинского эпицентрального поля, рассмотрим продукционную способность рассмотренных выше сейсмогенных структур и найдем поправку, учитывающую особенности сейсмического режима района исследований.

По данным каталога БФ ЕГС РАН [4], за период 1994-2021 гг. построены графики повторяемости землетрясений (рис. 3 и 4). В радиусе 100 км. от объекта исследований зафиксировано по два сейсмособытия, энергетических классов К 15 и К 16.

График повторяемости представляет собой зависимость логарифма частоты N возникновения землетрясений от их энергетического класса К. Фактически это график поклассового распределения землетрясений по величине К. Пересечение графика с осью X определяет величину максимально возможных землетрясений K_{\max} за определённый период, в нашем случае в 27 лет, $K_{\max} = 16$.

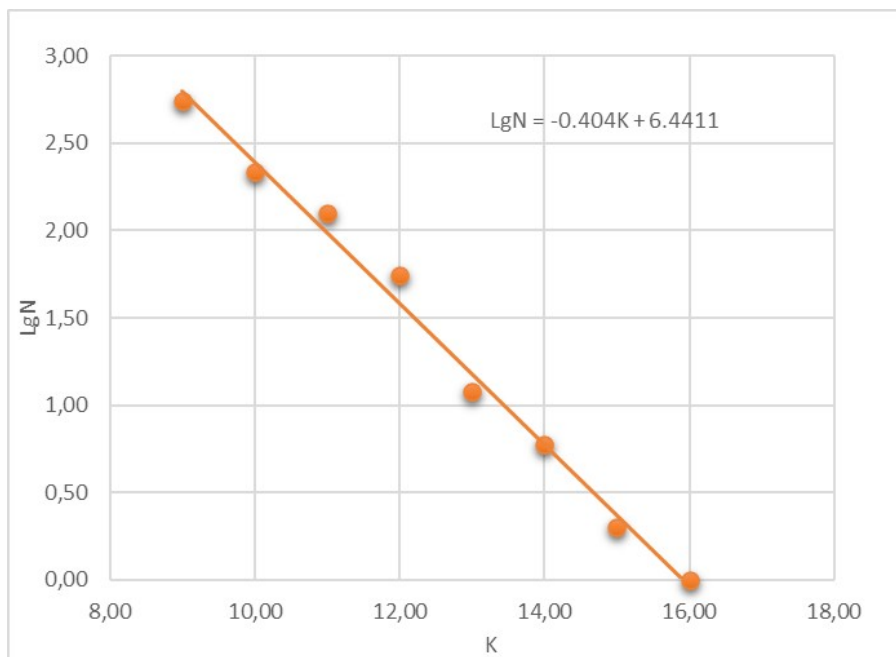


Рисунок 3 - График повторяемости землетрясений
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.27.3>

Обычно данный график нормируют по площади на 10000 км² и по времени на 1 год. Параметры графика повторяемости нормированного на площадь 10000 км² и по времени на один год (рис. 4), являются основой для оценки уровня сейсмического режима.

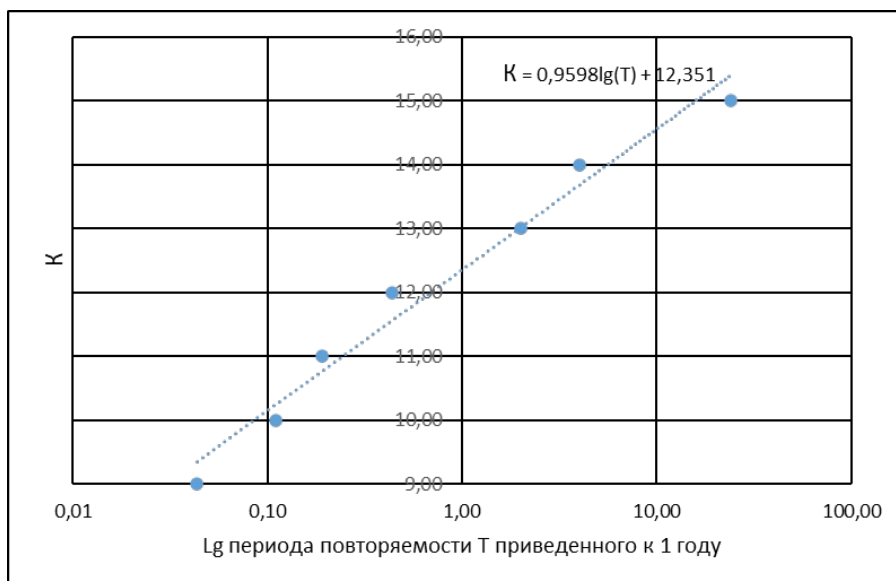


Рисунок 4 - График периода повторяемости LgT , приведенного к 1 году
DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.27.4>

Для оценки и характеристики землетрясений используют несколько различных параметров. Величина землетрясения оценивалась по энергетическому классу K . Он равен десятичному логарифму сейсмической энергии, измеренной в джоулях, например, $K = 12$ соответствует $E = 10^{12}$.

Для связи между энергетическим классом и магнитудой землетрясений в Олекмо-Становой сейсмической зоне принято соотношение: $K = 1,5M + 5$ [8].

Для расчета интенсивности землетрясения I , в баллах, было использовано уравнение макросейсмического поля (В.Н. Шебалина) [8].

$$I = 1,5 * M - 4 \lg \sqrt{\Delta^2 + h^2} + 3$$

Средняя глубина гипоцентра землетрясения принималась равной 15 км, что соответствует средним глубинам землетрясений в Олекмо-Становой сейсмической зоне [8].

Соотношение между энергетическим классом землетрясения (K), его энергией (E), магнитудой (M) и интенсивностью землетрясения (I) приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Соотношение между характеристиками землетрясений

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.27.5>

K	11	12	13	14	15	16	17	18
E, Дж	10^{11}	10^{12}	10^{13}	10^{14}	10^{15}	10^{16}	10^{17}	10^{18}
M	4,0	4,7	5,4	6,1	6,7	7,3	8,2	8,9
I, балл	5-6		6-7		7-8		9-10	

Соотношение между логарифмом промежутка времени T и классом максимально возможного расчетного землетрясения K_{max} выражается установленной зависимостью:

$$K_{max} = 0,9598 * \lg(T) + 12,351$$

Используя данное уравнение и периоды согласно карт ОСР 2015: А -500 лет, В -1000 лет, С-5000 лет, получим расчетные характеристики уточненного уровня сейсмического воздействия для изучаемой площади. Учитывая соотношения между энергетическим классом землетрясения, магнитудой и балльностью, оценена уточнённая исходная сейсмичность, представленная в таблице 2.

Таблица 2 - Уточненная исходная сейсмичность для района строительства ГОК «Токкинское»

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.27.6>

Карта ОСР 2015	K_{max}	M	I_0
A	14,94	6,8	8
B	15,23	6,8	8
C	15,85	7,3	9

Обсуждение

Кроме выполненных выше исследований по уточнению исходной сейсмичности, выполнен комплексный анализ геолого-геофизических, структурно-тектонических, тектонофизических, наземных геодезических и GPS данных, а также построение дополнительных схем, характеризующих новейший этап развития и морфотектонический план области взаимодействия сейсмогенерирующих структур исследуемого района, позволивший оконтурить здесь два активных в настоящее время региональных блока (Забайкальский и Алдано-Становой), возникших в буферной зоне при сближении Евразийской и Амурской литосферных плит (рис. 5) [9], [10], [11].

Модель сейсмогеодинамики изучаемого региона отражает процесс направленного перемещения к востоку Забайкальского и Алдано-Станового геоблоков, а также Амурской плиты, которые, двигаясь с разными скоростями, смещаются относительно друг друга и стабильной Евразийской плиты в субширотном направлении. При этом для пограничной зоны выявлена мозаика разломно-блоковых структур, отражающая в условиях смены тектонического режима растяжения (северо-восточное окончание Байкальского рифта) на сжатие (Алдано-Становой блок) тип тектонической деструкции земной коры этого региона, что проявляется в закономерности проявлений сейсмичности и характере полей тектонических напряжений. Вследствие этого здесь имеют место определенные парагенезисы систем активных разрывных нарушений (сдвигов, взбросов и надвигов), способных генерировать землетрясения магнитудой 6,5-7,5 (рис. 5).

По результатам выполненных сеймотектонических исследований оценена степень сейсмической угрозы и динамика сейсмогенерирующих процессов исследуемой территории, определена направленность процесса, что позволит прогнозировать его последствия.

Территория проектируемого объекта ГОК «Токкинское», на картах ОСР-2015 А и В, попадает в зону возможных девятибалльных сотрясений. Переход на другой качественный уровень исследований (укрупнение масштаба) и использование нового класса карт тектодинамической активности (детальных карт сеймотектоники), дает возможность получать более корректный материал, который позволяет установить границы балльности, используя в

качестве подложки степень активности этих структур и их структурный план. Результатом служат более взвешенные оценки сейсмической опасности, показывающие, что изучаемая территория относится к области вероятных восьмибалльных сотрясений (рис.5), по шкале MSK-64 для средних грунтов (категория грунта по сейсмическим свойствам II таблицы 4.1 (СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах)) [2].

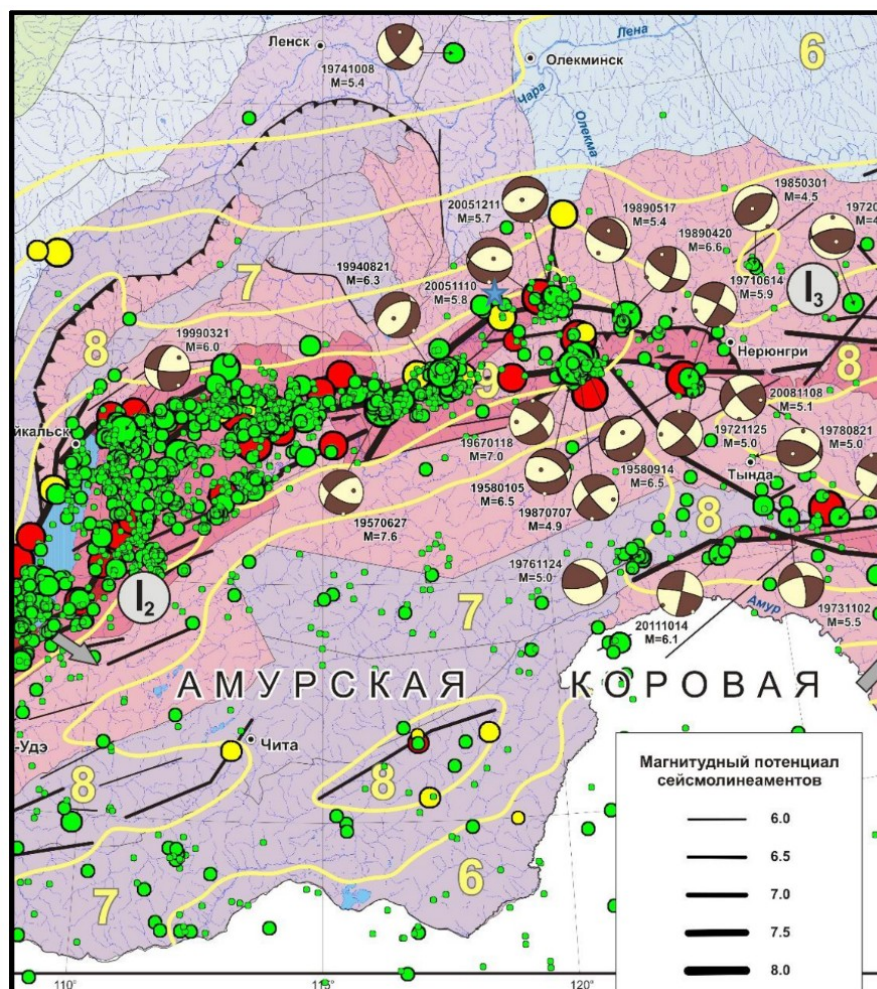


Рисунок 5 - Фрагмент карты Сеймотектоники Восточной Сибири:

★ - изучаемая площадь

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.139.27.7>

Примечание: по ист. [10]

Заключение

Таким образом, исследования по уточнению общего сейсмического районирования являются очень актуальными и вместе с тем 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. Точность и достоверность результатов зависит прежде всего от детальности изучения сеймотектонических условий региона и учета его особенностей, а также комплексного подхода при выполнении исследований.

Проведенные комплексные исследования позволили, в конечном итоге, решить проблему корректной оценки степени сейсмической опасности территории проектирования объекта ГОК «Токкинское» и уточнить уровень сейсмической опасности, что позволит успешно выполнить сейсмическое микрорайонирование площадок под строительство исследуемого объекта, учитывающее грунтовые особенности площадок строительства.

Разумеется, при проведении сейсмологического микрорайонирования, возможно получение такого исходного материала, что полученные закономерности распространения сотрясений от землетрясений будут или опровергаться (в силу сложных сейсмогрунтовых условий), или подтверждаться. Но на настоящий момент проведенные исследования позволяют оптимистично оценить степень сейсмической опасности как вполне приемлемую для районов сейсмоактивных структур.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Зубков Ю.А. «Угуйский» тип большеобъемных золоторудных месторождений, сформированных в линейной коре выветривания (юго-западная Якутия) / Ю.А. Зубков, А.В. Сагир, Н.В. Чварова // Отечественная геология. — 2020. — № 2. — С. 32-45. — DOI:10.24411/0869-7175-2020-10009.
2. СП14.13330.2018*. Строительство в сейсмических районах. — М.: Стандартинформ, 2018. — 208 с.
3. Уломов В.И. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации – ОСР-2015. Масштаб 1:8000000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах / В.И. Уломов, Л.С. Шумилина. — М.: ОИФЗ, 1999. — 57 с.
4. Байкальский филиал ФГБОУН Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук». — URL: <http://www.seis-bykl.ru/modules.php?name=Main&nowear=nowear#cat> (дата обращения: 03.08.2023)
5. Имаева Л.П. Эволюция сейсмостектонических 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.
6. Имаева Л.П. Сейсмостектоническая активность новейших структур восточного сектора Сибирского кратона / Л.П. Имаева. — Пенза: Социосфера, 2022. — 371 с.
7. Имаева Л.П. Сейсмостектоническая позиция западного фланга Олекмо-Становой зоны (Южная Якутия) / Л.П. Имаева, Б.М. Козьмин, В.С. Имаев // Отечественная геология. — 2007. — № 5. — С. 114-117.
8. Шерман С.И. Региональные шкалы сейсмической интенсивности (опыт создания шкалы для Прибайкалья) / С.И. Шерман, Ю.А. Берзинский, В.А. Павленов [и др.] — Новосибирск: Гео, 2003. — 189 с.
9. Имаева Л.П. Карта сейсмостектоники Восточной Сибири: новые принципы и методы построения / Л.П. Имаева, Г.С. Гусев, В.С. Имаев [и др.] // Вестник ОНЗ РАН. — 2015. — Т. 7. — С. 1-7. — DOI: 10.2205/2015NZ000125
10. Имаева Л.П. Карта сейсмостектоники Восточной Сибири, 2015. Масштаб 1:4000000. Карта зарегистрирована в CrossRef / Л.П. Имаева, В.С. Имаев, Н.Н. Гриби [и др.] — DOI: 10.2205/ESDD-VONZ-125-map
11. Карта Сейсмостектоники Восточной Сибири. Объяснительная записка / Отв. ред. И.И. Колодезников, Г.С. Гусев. — Нерюнгри: ТИ (Ф) СВФУ, 2015. — 168 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zubkov Ju.A. «Ugujskij» tip bol'sheob'jmnnyh zolotorudnyh mestorozhdenij, sformirovannyh v linejnoj kore vyvetrivanija (jugo-zapadnaja Jakutija) ["Uguisky" Type of Large-volume Gold Deposits Formed in Linear Weathering Crust (Southwestern Yakutia)] / Ju.A. Zubkov, A.V. Sagir, N.V. Chvarova // Otechestvennaja geologija [Domestic Geology]. — 2020. — № 2. — P. 32-45. — DOI:10.24411/0869-7175-2020-10009. [in Russian]
2. SP14.13330.2018*. Stroitel'stvo v sejsmicheskikh rajonah [SP14.13330.2018*. Construction in Seismic Regions]. — М.: Standartinform, 2018. — 208 p. [in Russian]
3. Ulomov V.I. Komplekt kart obshhego sejsmicheskogo rajonirovanija territorii Rossijskoj Federacii – OSR-2015. Masshtab 1:8000000. Ob'jasnitel'naja zapiska i spisok gorodov i naselennyh punktov, raspolozhennyh v sejsmoopasnyh rajonah [Set of maps of general seismic zoning of the territory of the Russian Federation – OSR-2015. Scale 1:8000000. Explanatory note and list of cities and settlements located in earthquake-prone areas] / V.I. Ulomov, L.S. Shumilina. — М.: OIFZ, 1999. — 57 p. [in Russian]
4. Bajkal'skij filial FGBOUN Federal'nogo issledovatel'skogo centra «Edinaja geofizicheskaja sluzhba Rossijskoj akademii nauk» [Baikal Branch of the Federal Research Center "Unified Geophysical Survey of the Russian Academy of Sciences" Federal State Budgetary Institution of Science]. — URL: <http://www.seis-bykl.ru/modules.php?name=Main&nowear=nowear#cat> (accessed: 03.08.2023) [in Russian]
5. Imaeva L.P. Jevoljucija sejsmotektonicheskikh processov vostochnogo flanga Bajkal'skoj riftovoj zony [Evolution of Seismotectonic Processes of the Eastern Flank of the Baikal Rift Zone] / L.P. Imaeva, V.I. Mel'nikova, V.S. Imaev [et al.] — Irkutsk: Institute of Earth Crust SB RAS, 2012. — 202 p. [in Russian]
6. Imaeva L.P. Sejsmotektonicheskaja aktivnost' novejsih struktur vostochnogo sektora Sibirskogo kratona [Seismotectonic Activity of the Latest Structures of the Eastern Sector of the Siberian Craton] / L.P. Imaeva. — Penza: Sociosfera, 2022. — 371 p. [in Russian]
7. Imaeva L.P. Sejsmotektonicheskaja pozicija zapadnogo flanga Olekmo-Stanovoj zony (Juzhnaja Jakutija) [Seismotectonic Position of the Western Flank of the Olekmo-Stanova Zone (Southern Yakutia)] / L.P. Imaeva, B.M. Koz'min, V.S. Imaev // Otechestvennaja geologija [Domestic Geology]. — 2007. — № 5. — P. 114-117. [in Russian]
8. Sherman S.I. Regional'nye shkaly sejsmicheskoi intensivnosti (opyt sozdanija shkaly dlja Pribajkal'ja) [Regional Seismic Intensity Scales (experience in creating a scale for the Baikal region)] / S.I. Sherman, Ju.A. Berzhinskij, V.A. Pavlenov [et al.] — Novosibirsk: Geo, 2003. — 189 p. [in Russian]

9. Imaeva L.P. Karta sejsmotektoniki Vostochnoj Sibiri: novye principy i metody postroenija [Seismotectonics Map of Eastern Siberia: New Principles and Methods of Construction] / L.P. Imaeva, G.S. Gusev, V.S. Imaev [et al.] // Vestnik ONZ RAN [Bulletin of RAS ONZ RAS]. — 2015. — Vol. 7. — P. 1-7. — DOI: 10.2205/2015NZ000125 [in Russian]
10. Imaeva L.P. Karta sejsmotektoniki Vostochnoj Sibiri, 2015. Masshtab 1:4000000. Karta zaregistrirrovana v CrossRef [Map of Seismotectonics of Eastern Siberia, 2015. Scale 1:4000000. Map registered in CrossRef] / L.P. Imaeva, V.S. Imaev, N.N. Grib [et al.] — DOI: 10.2205/ESDD-VONZ-125-map [in Russian]
11. Karta Sejsmotektoniki Vostochnoj Sibiri. Ob'jasnitel'naja zapiska [Map of Seismotectonics of Eastern Siberia. Explanatory note] / Chief ed. I.I. Kolodeznikov, G.S. Gusev. — Nerjungri: TI (F) SVFU, 2015. — 168 p. [in Russian]