

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

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.148.6>

ОБ ИЗУЧЕНИИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СЕЙСМИЧНОСТИ В КУЗБАССЕ

Научная статья

Соловицкий А.Н.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0001-7483-3484;

¹ Кемеровский государственный университет, Кемерово, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (san.mdig[at]mail.ru)

Аннотация

На основе обобщения опыта изучения сейсмичности в Кузбассе установлен её рост и выделены три этапа. В сложившихся условиях автором предложен переход к фундаментальным исследованиям региональной сейсмичности, что является важной научной задачей. Поэтому целью исследований является изучение региональных закономерностей сейсмичности в Кузбассе, включая связь с геодинамикой блоков земной коры. Автором предлагается переход к фундаментальным исследованиям региональных закономерностей сейсмичности на основе проведения многолетних комплексных инструментальных наблюдений с учетом строения и иерархии земной коры, что обеспечивает взаимодействие и интеграцию ряда смежных наук о Земле. Практическое использование результатов исследований заключается в расширении использования комплекса методов для изучения региональных закономерностей сейсмичности Кузбасса.

Ключевые слова: сейсмичность территории, геодинамические и сейсмические процессы, региональные закономерности, геодинамическая и сейсмическая активность, блок земной коры.

ON THE STUDY OF REGIONAL SEISMICITY PATTERNS IN KUZBASS

Research article

Solovitskiy A.N.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0001-7483-3484;

¹ Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation

* Corresponding author (san.mdig[at]mail.ru)

Abstract

On the basis of generalization of the experience of studying seismicity in Kuzbass, its growth has been established, and three stages have been identified. Under the current conditions, the author proposes a transition to fundamental research of regional seismicity, which is an important scientific task. Therefore, the aim of the research is to examine the regional regularities of seismicity in Kuzbass, including the connection with the geodynamics of the Earth's crust blocks. The author suggests a transition to fundamental studies of regional seismicity patterns on the basis of multi-year complex instrumental observations, taking into account the structure and hierarchy of the Earth's crust, which provides interaction and integration of a number of related Earth sciences. The practical use of the research results is to expand the use of the complex of methods to study the regional regularities of seismicity in Kuzbass.

Keywords: seismicity of the territory, geodynamic and seismic processes, regional regularities, geodynamic and seismic activity, block of the Earth's crust.

Введение

На основе выполненного автором анализа состояния региональной сейсмичности в Кузбассе [1], [3], [5], [7] установлено:

1. Публикационная активность указанной тематики со стороны местных региональных и столичных ученых.
2. Рост сейсмической активности в XXI веке.
3. Доминирование исследований сейсмической активности на основе сети сейсмостанций.
4. Отсутствие продолжительных рядов инструментальных наблюдений геофизическими и геодезическими методами.

Детализация изучения региональной сейсмичности Кузбасса позволила автору выделить три этапа:

- первый – асейсмичность территории (до 2005 года);
- второй – рост сейсмической активности и развитие сети сейсмологических станций (с 2006 года);
- третий – настоящее время переход к фундаментальным исследованиям региональной сейсмичности.

Кроме этого, по мнению автора, в Кузбассе необходимо развивать фундаментальные исследования на основе комплексного и многоуровневого мониторинга природных и техногенных геодинамических и сейсмических процессов, что возможно обеспечить в настоящее время при современном уровне развития науки, техники и технологий. Традиционными моделями только сейсмическим методом сложно найти такое решение. Ключевым направлением формирования указанного подхода является его нацеленность на изучение региональных закономерностей сейсмичности путем постановки комплексных продолжительных высокоточных рядов инструментальных наблюдений, регистрирующие кинематику параметров фундаментальных процессов. В условиях сложившейся проблемной ситуации в Кузбассе между передовыми технологическими возможностями геофизической и

геодезической науки и недостаточностью полноценных теоретических разработок и моделей в области получения, сбора, регистрации, обработки и анализа информации об изменении состояния земной коры и формировании очагов сейсмических событий требуется разработка методики изучения региональных закономерностей сейсмичности региона на основе реализации высокоточных, комплексных и продолжительных инструментальных наблюдений. Теоретическое обоснование предложенной методики выполнено на основе моделирования изменения состояния блока земной коры, что обеспечивает связь его геодинамической и сейсмической активности и является решением научной задачи, имеющей важное социально-экономическое значение в области геодинамической и сейсмической безопасности при освоении недр, снижения риска и уменьшения последствий геодинамических катастроф природного и техногенного характера. Следовательно, тема исследований актуальна и имеет научный и практический интерес.

Методы и принципы исследования

Установленные особенности, по мнению автора, должны стать основой изучения региональных закономерностей сейсмичности Кузбасса. Поэтому целью исследований является разработка методики изучения региональных закономерностей сейсмичности Кузбасса на основе реализации высокоточных, комплексных и продолжительных инструментальных наблюдений. Объектом исследования является сейсмичность, а предметом – её региональные особенности. Задачи исследования:

- установить проблемную ситуацию в изучении сейсмичности Кузбасса;
- обосновать разработку методики реализации комплексных и продолжительных инструментальных наблюдений для изучения региональных закономерностей сейсмичности в Кузбассе;
- изучить приуроченность землетрясений к блочной структуре земной коры.

Анализ по данным сейсмических каталогов Алтае-Саянского региона [8] и Международного сейсмологического центра (ISC), выполненный автором. Свидетельствует о том, что сейсмические события в начале нынешнего века с магнитудой M более 3,5 (табл.1) приурочены к определенным блокам земной коры III-го ранга.

Таблица 1 - Количество сейсмических событий в блоках земной коры III-го ранга в начале нынешнего века в Кузбассе

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.148.6.1>

Блоки земной коры	Количество сейсмических событий
400	21
362	1
564	2
401	1
656	1

Детальный анализ сейсмических событий в указанных блоках земной коры, выполненный автором, приведен в таблице 1. Его результаты свидетельствуют об их концентрации в блоке земной коры 400, согласно результатам геодинамического районирования в [9].

Основные результаты

Предложенный автором подход решения сложной задачи отличается как комплексностью исследований, так и изучением иерархии геодинамической и сейсмической активности. Изучение иерархии геодинамической и сейсмической активности планируется как блока земной коры III-го ранга 400, так и блоков земной коры IV-го ранга 400-1 и 400-2 (табл. 3) (блоки земной коры V-го и VI-го рангов будут рассмотрены в последующих публикациях).

Связь геодинамической и сейсмической активности блоков земной коры, по мнению авторов, оценивается изменением плотности потенциальной энергии их деформирования, которая рассчитывается по полученным компонентам изменений во времени деформаций. Результаты моделирования, выполненные на основе разработанной авторами программы для ПК «ВМ» [10], и приведенные в таблице 3, свидетельствуют о том, что геодинамическая активность исследуемых блоков земной коры III-го и IV-го рангов проявляется при скоростях его движения более 3,5 мм/год, а формирование очага сейсмического события (достижение плотности потенциальной энергии не менее 12 кг·м/м) – при 25,5 мм/год.

Таблица 2 - Геодинамическая активность и изменения плотности потенциальной энергии во времени исследуемых блоков земной коры от их кинематики

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2024.148.6.2>

Кинематика блоков земной коры, мм/год	Блок земной коры III-го ранга 400	Блок земной коры IV-го ранга 400-1	Блок земной коры IV-го ранга 400-2
Изменения во времени дилатации блока земной коры при его кинематике			
2,9	-	3,58	3,64
18,1	3,20	-	-
Изменения во времени плотности потенциальной энергии блока земной коры при его кинематике			

25,2	-	12,5	-
26,8	-	-	12,8
54,7	12,0	-	-

Обсуждение

В преддверии роста добычи угля в пятидесятых годах прошлого века были проведены фундаментальные исследования поисковых и разведочных работ. Сегодня спустя 70 лет, на пороге освоения второго Кузбасса, должен быть решен вопрос о генезисе сейсмичности и роли антропогенного воздействия без ответа, на который изучение региональных закономерностей сейсмичности не сможет развиваться дальше. При этом реализация предлагаемого решения ориентируется на поэтапный подход, начиная с указанных блоков земной коры III-го и IV-го рангов. Отсрочка начала предлагаемых фундаментальных исследований изучения региональных закономерностей сейсмичности в ближайшем будущем обусловит умножение проблем промышленной, экологической и сейсмической безопасности к середине и концу XXI века. Неоспоримым фактором предлагаемых фундаментальных исследований изучения региональных закономерностей сейсмичности в Кузбассе является их комплексность, которая отражена спектром предлагаемых методов, который включает: картографический; геоморфологический; геологический; геофизический; геодезический; геомеханический и моделирование [11]. Предложенная комплексность исследований:

- обосновывает методику их проведения;
- обеспечивает научно-методические основы;
- является многоаспектной и многофункциональной;
- реализует интегральный подход.

Заключение

На основании выполненных исследований сделаны следующие выводы:

1. Отмечено, что увеличение количества сейсмостанций в полной мере не обеспечат изучение региональных закономерностей сейсмичности на территории Кузбасса.
2. Предложено установление взаимосвязи сейсмической и геодинамической активности в рамках перехода к фундаментальным исследованиям региональных закономерностей сейсмичности путем контроля изменения во времени плотности потенциальной энергии на основе многолетних инструментальных наблюдений, что является не только реализацией комплексного и иерархического подхода, но и решением сложной научной задачи.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

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.

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. Адушкин В.В. Развитие техногенно-тектонической сейсмичности в Кузбассе / В.В. Адушкин // Геология и геофизика. — 2018. — № 59 (5). — С. 709–724.
2. Адушкин В.В. Тектонические землетрясения техногенного происхождения / В.В. Адушкин // Физика Земли. — 2016. — № 2. — С. 22–44.
3. Еманов А.Ф. Бачатское техногенное землетрясение 18 июня 2013 г. с $M_L=6.1$, $I_0=7$ (Кузбасс) / А.Ф. Еманов, А.А. Еманов, А.В. Фатеев // Российский сейсмологический журнал. — 2020. — № 2 (1). — С. 48–61.
4. Еманов А.Ф. Одновременное воздействие открытых и подземных горных работ на недра и наведённая сейсмичность / А.Ф. Еманов, А.А. Еманов, А.В. Фатеев [и др.] // Вопросы инженерной сейсмологии. — 2017. — № 44 (4). — С. 51–62.
5. Еманов А.Ф. Сейсмические активизации при разработке угля в Кузбассе / А.Ф. Еманов, А.А. Еманов, А.В. Фатеев [и др.] // Физическая мезомеханика. — 2009. — № 12 (1). — С. 49–64.
6. Кочарян Г.Г. О генезисе Бачатского землетрясения 2013 года / Г.Г. Кочарян, А.М. Будков, С.Б. Кишкина // Геодинамика и тектонофизика. — 2019. — № 10 (3). — С. 741–759.
7. Рогожин Е.А. О природе сейсмических активизаций в Кузбассе / Е.А. Рогожин, А.Н. Овсяченко, А.С. Ларьков // Сергеевские чтения. Геоэкологическая безопасность разработки месторождений полезных ископаемых. — Москва: Изд-во РУДН, 2017. — С. 554–556.
8. Подкорытова В.Г. Каталоги землетрясений по различным регионам России. Алтай и Саяны / В.Г. Подкорытова, Г.А. Денисенко, А.А. Еманов [и др.] // Землетрясения России в 2019 году. — Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН, 2021. — С. 144–146.
9. Геодинамическое районирование недр. — Ленинград: ВНИМИ, 1990. — 129 с.
10. Соловицкий А.Н. О фундаментальной задаче геодинамики угольного месторождения при проведении геодезического мониторинга напряженно-деформированного состояния земной коры / А.Н. Соловицкий // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». — 2021. — № 65 (2). — С. 147–151.

11. Solovitskiy A.N. On the foundations of seismic safety of the Kuznetsk Basin / A.N. Solovitskiy // ICAPE2024 E3S Web of Conferences. — 2024. — № 498. — P. 03002. — DOI: 10.1051/e3sconf/202449803002.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Adushkin V.V. Razvitiye tehnogenno-tektonicheskoy sejsmichnosti v Kuzbasse [Development of technogenic-tectonic seismicity in Kuzbass] / V.V. Adushkin // *Geologiya i geofizika* [Geology and Geophysics]. — 2018. — № 59 (5). — P. 709–724. [in Russian]

2. Adushkin V.V. Tektonicheskie zemletrjaseniya tehnogennoy proishozhdeniya [Tectonic earthquakes of man-made origin] / V.V. Adushkin // *Fizika Zemli* [Physics of the Earth]. — 2016. — № 2. — P. 22–44. [in Russian]

3. Emanov A.F. Bachatskoe tehnogennoye zemletrjasenie 18 iyunya 2013 g. s $M_L=6.1$, $I_0=7$ (Kuzbass) [Bachatskoe man-made earthquake on June 18, 2013 with $M_L=6.1$, $I_0=7$ (Kuzbass)] / A.F. Emanov, A.A. Emanov, A.V. Fateev // *Rossijskiy sejsmologicheskij zhurnal* [Russian Seismological Journal]. — 2020. — № 2 (1). — P. 48–61. [in Russian]

4. Emanov A.F. Odnovremennoye vozdejstvie otkrytyh i podzemnyh gornyh rabot na nedra i navedennaya sejsmichnost' [Simultaneous impact of open-pit and underground mining on the subsoil and induced seismicity] / A.F. Emanov, A.A. Emanov, A.V. Fateev [et al.] // *Voprosy inzhenernoj sejsmologii* [Questions of engineering seismology]. — 2017. — № 44 (4). — P. 51–62. [in Russian]

5. Emanov A.F. Sejsmicheskie aktivizatsii pri razrabotke uglja v Kuzbasse [Seismic activations during coal mining in Kuzbass] / A.F. Emanov, A.A. Emanov, A.V. Fateev [et al.] // *Fizicheskaja mezomehanika* [Physical mesomechanics]. — 2009. — № 12(1). — P. 49–64. [in Russian]

6. Kocharjan G.G. O genezise Bachatskogo zemletrjaseniya 2013 goda [On the genesis of the 2013 Bachat earthquake] / G.G. Kocharjan, A.M. Budkov, S.B. Kishkina // *Geodinamika i tektonofizika* [Geodynamics and tectonophysics]. — 2019. — № 10 (3). — P. 741–759. [in Russian]

7. Rogozhin E.A. O prirode sejsmicheskikh aktivizatsij v Kuzbasse [On the nature of seismic activations in Kuzbass] / E.A. Rogozhin, A.N. Ovsjuchenko, A.S. Lar'kov // *Sergeevskie chteniya. Geoekologicheskaja bezopasnost' razrabotki mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh* [Sergeevskie readings. Geoecological safety of the development of mineral deposits]. — Moscow: Publishing house of RUDN, 2017. — P. 554–556. [in Russian]

8. Podkorytova V.G. Katalogi zemletrjasenij po razlichnym regionam Rossii. Altaj i Sajany [Catalogs of earthquakes for various regions of Russia. Altai and Sayans] / V.G. Podkorytova, G.A. Denisenko, A.A. Emanov [et al.] // *Zemletrjaseniya Rossii v 2019 godu* [Earthquakes in Russia in 2019]. — Obninsk: FITs EGS RAN, 2021. — P. 144–146. [in Russian]

9. Geodinamicheskoe rajonirovanie neдр [Geodynamic zoning of subsoil]. — Leningrad: VNIMI, 1990. — 129 p. [in Russian]

10. Solovitskiy A.N. O fundamental'noj zadache geodinamiki ugol'nogo mestorozhdeniya pri provedenii geodezicheskogo monitoringa naprjazhenno-deformirovannogo sostojaniya zemnoj kory [On the fundamental problem of geodynamics of a coal deposit when conducting geodetic monitoring of the stress-strain state of the earth's crust] / A.N. Solovitskiy // *Izv. vuzov "Geodezija i ajerofotos'emka"* [Proceedings of Universities. Geodesy and Aerophotosurveying]. — 2021. — № 65 (2). — P. 147–151. [in Russian]

11. Solovitskiy A.N. On the foundations of seismic safety of the Kuznetsk Basin / A.N. Solovitskiy // ICAPE2024 E3S Web of Conferences. — 2024. — № 498. — P. 03002. — DOI: 10.1051/e3sconf/202449803002.