

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

184209, г. Апатиты, ул. Ферсмана, 14, тел.: 8 (81555) 7-53-50; 79-5-95, e-mail: ksc@ksc.ru

«УТВЕРЖДАЮ»

Врио генерального директора ФИЦ
КНЦ РАН к.э.н.

В.В. Дядик

«25» _____ 2026 г.



ОТЗЫВ
ведущей организации

на диссертационную работу Бямбасурэна Зундуйжамца

«Оценка техногенной сейсмичности в горнопромышленных районах Монголии для обеспечения геоэкологической безопасности», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21 – «Геоэкология»

Представленная диссертационная работа Бямбасурэна Зундуйжамца «Оценка техногенной сейсмичности в горнопромышленных районах Монголии для обеспечения геоэкологической безопасности» изложена на 143 страницах машинописного текста, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников из 168 наименований, 57 рисунков, 12 таблиц и приложения.

1. Актуальность работы, цели и задачи исследования

Проблема техногенной сейсмичности достаточно остро стоит практически во всех странах, где осуществляется интенсивное воздействие на недра. В России, Китае уже насчитывается несколько горнопромышленных районов с техногенной сейсмичностью, оказывающей влияние на окружающую среду и социальный климат. В этой ситуации для Монголии на ее нынешнем этапе развития горнодобывающей отрасли важно учесть опыт других стран в области профилактики и предотвращения геодинамической и экологической опасности, однако исследований в области проявления техногенной сейсмичности на территории страны не проводилось. К тому же вопрос разделения сейсмичности на техногенную и естественную остается на сегодняшний день открытым, особенно применительно к угольным разрезам, на которых ведутся взрывные работы. Также не развитым остается вопрос об оценке воздействия техногенной сейсмичности на окружающую среду. В этой связи основная идея диссертации об адаптации методов установления генезиса сейсмичности применительно к горнопромышленным районам и

разработке подхода к оценке воздействия сейсмичности на окружающую среду выглядит вполне состоятельной. С основной идеей связана *цель диссертационного исследования*, которую автор формулирует как исследование проявления сейсмичности в районах освоения недр на территории Монголии для определения ее генезиса и обоснования подхода к оценке ее воздействия на окружающую среду. *Основную задачу диссертации* автор видит в исследовании природы сейсмичности (техногенная/естественная) районов освоения недр Монголии и разработке подхода к оценке ее потенциального воздействия на окружающую среду.

В связи с этим считаем, что диссертация Бямбасурэна Зундуйжамца выполнена на актуальную тему, имеющую научное и практическое значение, цель и задачи исследования сформулированы корректно.

2. Структура и основное содержание диссертационной работы

Диссертационная работа посвящена оценке геодинамической и экологической опасности крупномасштабного воздействия на недра Монголии. Основной идеей работы является адаптация методов установления генезиса сейсмичности применительно к горно-промышленным районам и разработка подхода к оценке влияния сейсмичности на окружающую среду на основе концепции предельно напряженного состояния верхней части земной коры. Поставленная в работе цель соответствует названию работы.

В первой главе приводится анализ влияния индуцированных геодинамических процессов на окружающую среду. Автор на примерах показывает, что геодинамическая опасность является частью экологической опасности, которая может затронуть территорию Монголии в процессе начавшегося бума развития горнодобывающей промышленности. Приводятся данные о сейсмичности территории Монголии и отмечается, что вопросы техногенной сейсмичности при освоении недр ранее не поднимались. По результатам аналитического обзора сформулированы основные задачи исследования.

Во второй главе автор приводит доказательства того, что сейсмичность, наблюдающаяся в районах разрабатываемых месторождений Таван-Толгой и Матад, является техногенной. Для доказательства автор анализирует признаки техногенной сейсмичности, используемые экспертами разных стран, и приходит к выводу, что некоторые из этих признаков, как например, соответствие глубины гипоцентров сейсмических событий глубине воздействия на недра, требуют корректирования при их использовании для шахт и особенно разрезов (карьеров). Автор показывает, что проявление сейсмичности на глубинах 1,5-1,8 км под разрезами Таван-Толгой можно рассматривать как признак ее техногенной природы. По совокупности признаков сделан

вывод о техногенной природе сейсмичности, который, по оценке автора, верен почти на 90%.

В третьей главе рассмотрен вопрос о максимально возможной и максимально ожидаемой магнитуде техногенного землетрясения на территории Монголии. Предложен способ оценки максимально ожидаемой магнитуды техногенного землетрясения по размеру его потенциального очага, измеряемого от поверхности до максимальной глубины сейсмической активизации (локальной сейсмичности). Обоснование предлагаемого способа автор выстраивает с учетом представлений о предельно напряженном состоянии массива в очагах землетрясений и применяемых в сейсмологии эмпирических зависимостей между размером очага и магнитудой землетрясения. По оценкам автора, для месторождения Таван-Толгой максимально ожидаемая магнитуда техногенного землетрясения составляет на момент исследований 5.0. При том, что максимальная магнитуда на 2024 год составляла 3.1. Геодинамическая опасность этого района, по разработкам автора, недооценена. Во второй части главы рассматривается вопрос возможного воздействия техногенной сейсмичности на атмосферу за счет выдавливания газов из зон тектонических нарушений. Представлена компьютерная модель, обоснованы ее параметры и показано, что при подвижках по нарушениям в несколько миллиметров в атмосферу может выделяться значительное количество шахтных газов.

В четвертой главе рассматривается подход к оценке воздействия техногенной сейсмичности на окружающую среду Монголии с учетом максимально ожидаемой магнитуды техногенного землетрясения. Максимально допустимой магнитудой техногенного землетрясения автор предлагает считать такую, при которой на заданном расстоянии R от места добычи интенсивность толчков может достигнуть заданного значения интенсивности. Предлагаемый подход проиллюстрирован с использованием номограммы. За допустимое воздействие на окружающую среду принята интенсивность сотрясения $I=5$ на границе защитной зоны радиусом R (автором для примера принято 15, 30 или 45 км), а ожидаемая магнитуда техногенного землетрясения и степень геодинамической опасности оценивается по глубине гипоцентров локальной сейсмичности.

3. Оценка новизны исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций

Следующие результаты, полученные автором, обладают новизной.

1. На основе анализа экспертных вопросов и их критического рассмотрения впервые доказано существование техногенной сейсмичности на территории Монголии на

примерах районов угольного разреза Таван-Толгой и месторождения нефти Матад. Ранее вопросы техногенной сейсмичности Монголии исследованы не были. Подход, примененный автором (качественный анализ признаков), используется в мировой практике и оправдан в данном случае. Считаем этот вывод достаточно убедительным.

2. Автор обосновал подход к оценке максимально возможной магнитуды техногенного землетрясения по потенциальному размеру его очага, измеряемому от земной поверхности до глубин расположения гипоцентров сейсмических событий на участке освоения недр. Такой подход ранее не использовался. Для обоснования подхода автор опирается на современные данные и представления о развитии сейсмического процесса и концепцию предельно напряженного состояния земной коры, которая нашла отражение в трудах известных ученых в области геомеханики и геодинамики (И.М. Петухов, М. Зобак, Д.Товнед и других, на которых ссылается автор в диссертации и автореферате). Считаем, что такой подход, с учетом сделанных автором допущений, достаточно обоснован, но, возможно, коэффициенты количественной зависимости могут быть уточнены в дальнейшем при накоплении статистического материала.

3. Автор на основании результатов компьютерного моделирования сформулировал закономерность миграции шахтных газов к земной поверхности за счет поршневого эффекта, возникающего при сейсмической реактивации нарушения с неровным сместителем. Геологическая модель сместителя с характерными неровностями является общепринятой и в целом отвечает современным представлениям о морфологии сместителя. Новым является предположение о поршневом выдавливании газов из зоны сместителя при его техногенной сейсмической реактивации и изучение процесса миграции газов методами компьютерного моделирования. Практическая реализация этого эффекта в обводненных средах может быть спорной, но сам подход и закономерность обладают научной новизной.

4. Автором обоснован подход к оценке потенциального воздействия техногенной сейсмичности на окружающую среду для условий Монголии, согласно которому она осуществляется по глубине расположения гипоцентров сейсмической активизации в районах освоения недр. Такой подход предложен впервые и обладает научной новизной.

4. Обоснованность и достоверность научных положений и выводов

Доказательству **первого научного положения** посвящена вторая глава диссертации. Автор использует метод оценки природы (техногенная/естественная) сейсмических активизаций в районах освоения недр, основанный на анализе характерных признаков. Такой метод достаточно широко используется в мировой практике и в данном случае он использован обосновано. Один из характерных признаков (соответствие глубины

гипоцентров сейсмических явлений глубине воздействия на недра) автором скорректирован. Принято, что гипоцентры сейсмических явлений могут располагаться глубже зоны ведения горных работ и это является главным признаком нарастания геодинамической опасности (что используется далее при доказательстве третьего научного положения). Такое предположение согласуется с фактическими ситуациями в районах горных разработок. Автором использована представительная выборка данных по проявлению сейсмичности на месторождениях Таван-Толгой и Матад (5400 и 3500 сейсмических событий за период 2015-2024 годы соответственно). Таким образом, считаем, что первое научное положение доказано, подтверждено фактологическим материалом и методами исследования.

Доказательству **второго** научного положения посвящена третья глава диссертации. Автор опирается на установленную в сейсмологии взаимосвязь между магнитудой сейсмического события и размерами его очага. Размер очага максимально ожидаемого землетрясения автор предлагает определять по глубине проявления локальной сейсмичности. Такое предложение автор обосновывает, опираясь на представления о существовании в земной коре участков предельно напряженного состояния и представлений о природе горного удара, как хрупком разрушении предельно напряженной части массива. Для фактического подтверждения работоспособности метода автор приводит оценки для Бачатского (2013) землетрясения: расчетная магнитуда составляет 5,9 при фактической 6,1, что является хорошим результатом. Предположение о поршневом выдавливании шахтных газов из зон тектонических нарушений при их реактивации подтверждается результатами компьютерного моделирования, выполненного с использованием сертифицированного программного обеспечения ANSYS. Считаем, что второе научное положение доказано и подтверждено фактами и методами исследования.

Доказательству третьего научного положения посвящена **четвертая** глава диссертации. При доказательстве автор опирается на фактически установленную в практике горного дела закономерность увеличения глубин гипоцентров сейсмических явлений при развитии горных работ, эмпирически установленные связи между такими параметрами, как магнитуда, интенсивность, глубина гипоцентра, расстояние до эпицентра. Для оценки потенциального воздействия сейсмичности на окружающую среду использованы фактические данные по месторождению Таван-Толгой. Считаем, что третье научное положение доказано и подтверждено фактами и методами исследования.

5. Оценка значимости результатов для науки и практики

Многие вопросы техногенной сейсмичности недостаточно исследованы, о чем свидетельствует мировой опыт. На этом фоне разработки автора по вопросам оценки

магнитуд техногенных землетрясений и влияния техногенной сейсмичности на окружающую среду имеют научное значение. Практическая значимость заключается в установлении факта возникновения техногенной сейсмичности на территории Монголии, что может быть использовано при государственном регулировании вопросов освоения недр на территории страны. Полученные результаты могут быть использованы и для российских месторождений при разработке рекомендаций по ограничению воздействия техногенной сейсмичности на окружающую среду.

6. Замечания по диссертации и автореферату

1. Автор для оценки размера очага землетрясения в вертикальном направлении (по глубине) предлагает использовать известную формулу академика М.А. Садовского, по которой размер очага оценивается по латерали. Следовало бы более подробно пояснить выбор автора.

2. Автор для доказательства техногенной природы сейсмичности использует несколько признаков, в том числе пространственную приуроченность сейсмичности к местам ведения горных работ. Но судя по рисунку 2.5, сейсмичность проявляется не только непосредственно в районе угольных разрезов Таван-Толгой, но и на достаточно большом расстоянии от них, до 70 км, стр. 59. Автор не поясняет выбор радиуса в 70 км для анализа природы сейсмичности.

3. Автор указывает, что в районе XIX и XX блоков месторождения Матад за период с 2015 по 2024 гг были зафиксированы 2 землетрясения с магнитудой более 5 (стр. 64), что согласно авторской номограмме рисунка 4.2 уже близко к «красной» зоне, то есть максимально допустимому воздействию, однако автор не комментирует эту ситуацию.

4. Раздел 3.6 диссертации посвящен компьютерному моделированию поршневого эффекта выдавливания газа из зоны сместителя тектонического нарушения при его сейсмической активации, при этом не рассмотрены условия возникновения такого эффекта на месторождениях Таван-Толгой и Матад, где зона сейсмической активации находится ниже уровня подземных вод.

5. На странице 120 автор допускает, что «При остановке инженерных работ (добыче) техногенная сейсмичность затухает», что не всегда соответствует практическому опыту. Например, по нашим данным, при снижении добычи в 1990-е годы на рудниках Кольского полуострова, также в Кузбассе (по данным Т.И. Лазаревич и А.Н. Полякова, 2003) техногенная сейсмичность продолжала развиваться.

6. В тексте имеются опечатки. Так, например, на с. 45 дана ссылка на работу В.В. Адушкина (2018), номер 21 в списке литературы, в названии которой по отношению к

сейсмичности использован термин «техногенно-тектоническая», тогда как в тексте диссертации использован термин «техногенно-природная».

7. Можно отметить невысокую публикационную активность диссертанта. Основные результаты диссертационного исследования отражены в 4 опубликованных статьях, 1 патенте и 1 тезисах, причем все публикации сделаны в соавторстве.

10. Заключение

Представленная на отзыв диссертационная работа Бамбясурэна Зундуйжамца на тему «Оценка техногенной сейсмичности в горнопромышленных районах Монголии для обеспечения геоэкологической безопасности» выполнена на актуальную тему, обладает научной новизной и практической значимостью, является завершенной научно-квалификационной работой. В диссертации на основании теоретических исследований, анализа большого объема данных, с использованием численного моделирования решена важная научно-практическая задача по исследованию природы сейсмичности (техногенная/естественная) районов освоения недр Монголии и разработке подхода к оценке ее потенциального воздействия на окружающую среду. Работа направлена на повышение геоэкологической безопасности при освоении недр и имеет важное значение для сохранения окружающей среды и устойчивого развития территорий.

Автор диссертационной работы успешно выполнил комплекс задач, связанных с заявленной тематикой, что подтверждает завершенность представленной к защите диссертационной работы.

Соискатель, Бамбясурэн Зундуйжамц заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.21 – «Геоэкология».

Отзыв ведущей организации рассмотрен и одобрен на научном семинаре Отдела Геомеханики Горного института ФИЦ КНЦ РАН «22» мая 2026 г. протокол № 03.

Руководитель отдела Геомеханики, ведущий
научный сотрудник, кандидат технических
наук по специальности 25.00.20 –
«Геомеханика, разрушение горных пород,
рудничная аэрогазодинамика и горная
теплофизика»
Горный институт – обособленное
подразделение Федерального
государственного бюджетного учреждения
науки «Кольский научный центр Российской
академии наук» (ГоИ КНЦ РАН)
Адрес: 184209, Мурманская обл., г. Апатиты,
ул. Ферсмана, 24.
i.semenova@ksc.ru тел.8-81555-79-478

Семенова Инна Эриковна



Старший научный сотрудник, кандидат технических наук по специальности 2.8.6 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Горный институт – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Кольский научный центр Российской академии наук» (ГоИ КНЦ РАН)

Адрес: 184209, Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Ферсмана, 24.

s.zhukova@ksc.ru тел.8-81555-79-685

Жукова
Жукова Светлана Александровна

Я, Семенова Инна Эриковна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

“25” мая 2026 г.

ИС

Я, Жукова Светлана Александровна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку.

“25” мая 2026 г.

Жукова

подпись <i>Жуковой С.А.</i>
<i>Семеновой И.Э.</i>
По месту работы удостоверяю Зав. канцелярией Горного института
<i>Алексеев</i>
“25” <u>мая</u> 2026 г.

