

**КОЛЫВАНСКОЕ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕ 09.01.2019 С ML= 4.3
ОКОЛО Г. НОВОСИБИРСКА*****Александр Федорович Еманов***

Алтае-Саянский филиал ФГБУН Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, доктор технических наук, директор филиала, тел. (383)333-27-08, e-mail: emanov@gs.nsc.ru

Алексей Александрович Еманов

Алтае-Саянский филиал ФГБУН Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, заместитель директора филиала по науке; Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, старший научный сотрудник, тел. (383)330-52-66, e-mail: alex@gs.nsc.ru

Александр Владимирович Фатеев

Алтае-Саянский филиал ФГБУН Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, старший научный сотрудник; Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, ведущий инженер, тел. (383)330-52-66, e-mail: fateev@gs.nsc.ru

Валентина Григорьевна Подкорытова

Алтае-Саянский филиал ФГБУН Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, научный сотрудник, тел. (383)333-16-37, e-mail: podk@gs.nsc.ru

Оксана Витальевна Куприш

Алтае-Саянский филиал ФГБУН Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, младший научный сотрудник, тел. (913)060-49-82, e-mail: kuprish@gs.nsc.ru

Елена Викторовна Шевкунова

Алтае-Саянский филиал ФГБУН Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба Российской академии наук», 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, научный сотрудник, тел. (383)333-16-37, e-mail: elenash@gs.nsc.ru

Колыванское землетрясение 09.01.2019 с ML= 4,3 названо по одноимённому разрезу по добыче антрацита. С 2010 года наблюдается усиление сейсмичности около разрезов в Горловском угольном бассейне (Новосибирская область), что вызвано увеличением добычи угля на данном месторождении. Доказано, что мы имеем дело с наведённой сейсмичностью около разрезов, крупнейшим из которых является Колыванский. Для Горловского бассейна в целом построен график повторяемости землетрясений, который является по своему наклону значительно иным, чем для природных землетрясений Алтае-Саянской горной области и для техногенных землетрясений Кузбасса. Колыванское землетрясение уверенно регистрировалось станциями России и многих зарубежных государств, и в то же время сотрясаемость дневной

поверхности вблизи эпицентра не соответствует макросейсмическому уравнению и вытянута в южном направлении, что увязывается со значительной ролью структуры впадины.

Ключевые слова: землетрясение, наведённая сейсмичность, Горловская впадина, Кольванский разрез, макросейсмическое уравнение.

KOLYVAN EARTHQUAKE 09.01.2019 WITH ML= 4.3 NEAR NOVOSIBIRSK CITY

Alexander F. Emanov

Altay-Sayan branch of Federal Research Center «Geophysical Survey of Russian Academy of Sciences», 3, Prospect Akademik Koptug, Novosibirsk, 630090, Russia, D. Sc., Branch Director, phone: (383)333-27-08, e-mail: emanov@gs.nsc.ru

Aleksey A. Emanov

Altay-Sayan branch of Federal Research Center «Geophysical Survey of Russian Academy of Sciences», 3, Prospect Akademik Koptug, Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., deputy Director for Research; Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Senior Researcher, phone: (383)330-52-66, e-mail: alex@gs.nsc.ru

Alexander V. Fateev

Altay-Sayan branch of Federal Research Center «Geophysical Survey of Russian Academy of Sciences», 3, Prospect Akademik Koptug, Novosibirsk, 630090, Russia, senior research scientist; Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Senior Engineer, phone: (383)330-52-66, e-mail: fateev@gs.nsc.ru

Valentina G. Podkorytova

Altay-Sayan branch of Federal Research Center «Geophysical Survey of Russian Academy of Sciences», 3, Prospect Akademik Koptug, Novosibirsk, 630090, Russia, Researcher, phone: (383)333-16-37, e-mail: podk@gs.nsc.ru

Oksana V. Kuprish

Altay-Sayan branch of Federal Research Center «Geophysical Survey of Russian Academy of Sciences», 3, Prospect Akademik Koptug, Novosibirsk, 630090, Russia, Junior Researcher, phone: (913)060-49-82, e-mail: kuprish@gs.nsc.ru

Elena V. Shevkunova

Altay-Sayan branch of Federal Research Center «Geophysical Survey of Russian Academy of Sciences», 3, Prospect Akademik Koptug, Novosibirsk, 630090, Russia, Researcher, phone: (383)333-16-37, e-mail: elenash@gs.nsc.ru

Kolyvan earthquake 09.01.2019 with ML = 4,3 is named after the anthracite mining section of the same name. Since 2010, there has been an increase in seismicity around the cuts in the Gorlovsky coal basin (Novosibirsk region), which is caused by an increase in coal production in this field. It is proved that we are dealing with induced seismicity near the cuts, the largest of which is Kolyvansky. For the Gorlovka basin, in general, a graph of earthquake recurrences was constructed, which in its slope is significantly different than for natural earthquakes of the Altai-Sayan mountain region and for man-made earthquakes of Kuzbass. The Kolyvan earthquake was confidently recorded by stations in Russia and many foreign countries, and at the same time, the shakiness of the day surface near the epicenter does not correspond to the macroseismic equation and stretches southward, which is associated with a significant role of the depression structure.

Key words: earthquakes, induced seismicity, Gorlovskaya trench, Kolyvan cut, macroseismic equation.

Введение

Землетрясение 09.01.2019 около г. Новосибирск, 54,69 с.ш., 83,64 в.д., глубина 4 км с $M_L = 4,3$ вызвало очередную волну беспокойства населения и властей в Новосибирской области. Данное землетрясение уверенно регистрировалось сейсмостанциями России и сейсмологическими сетями иностранных государств. Землетрясение получило название по угольному разрезу, к которому приурочен очаг.

Исследования

Наведённая сейсмичность в данном районе наблюдалась и ранее [4], но данное землетрясение сильнейшее. Вокруг Кольванского разреза выставлены три дополнительные сейсмологические станции, что значительно улучшило возможности сети.

В соответствии с расчётами зона сотрясаемости в 4 балла охватывает Академгородок и мелкие населённые пункты Искитимского района Новосибирской области. Сотрясаемость в 3 балла должна была охватить гг. Искитим, Бердск, Кольцово и плотину Новосибирской ГЭС. Такое землетрясение представляет опасность для территории Новосибирской области, но главные вопросы в повторяемости таких землетрясений заключаются в возможности более крупных землетрясений и в особенностях реального затухания колебаний поверхности. Землетрясений такой магнитуды около г. Новосибирска с начала двадцатого века и по сей день не было.

При макросейсмическом исследовании было установлено, что наибольшая сотрясаемость была в п. Харино на удалении 9,9 км к югу от очага, в то время как в д. Калиновка на том же расстоянии от очага в северо-западном направлении землетрясение не ощущалось, а в ближайшем к эпицентру п. Елбаши ощущалось только на 3 балла. В целом макросейсмические проявления не согласуются с теоретическими оценками, рассчитанными по макросейсмическому уравнению, обоснованному для Алтае-Саянской горной области [13]. Малая глубина очага и природа землетрясения, а также геологическая структура очаговой области привели к значительным отклонениям сотрясаемости от расчётов по макросейсмическому уравнению. Результаты исследований согласуются с значениями максимальных пиковых ускорений на сейсмологических станциях.

Кольванское землетрясение приурочено к Горловской угленосной впадине. Район Новосибирска представляет из себя сложную тектоническую структуру. Здесь стыкуется Кольвань-Томская складчатая область с Салаиром и Горловской впадиной [1, 2, 8, 11]. Горловский угольный бассейн – это узкая впадина $1,5 \div 7,5$ км шириной и около 120 км длинной с северо-восточным окончанием в ~ 20 км от Академгородка. Глубинное строение впадины в целом изучено плохо. Наибо-

лее изучено строение около Ургунского разреза в центральной по длине части впадины [1]. При этом глубинность исследования не превышает 900 м, а оценки общей глубины впадины разными авторами оценивается от 1,8 до 4,5 км [12].

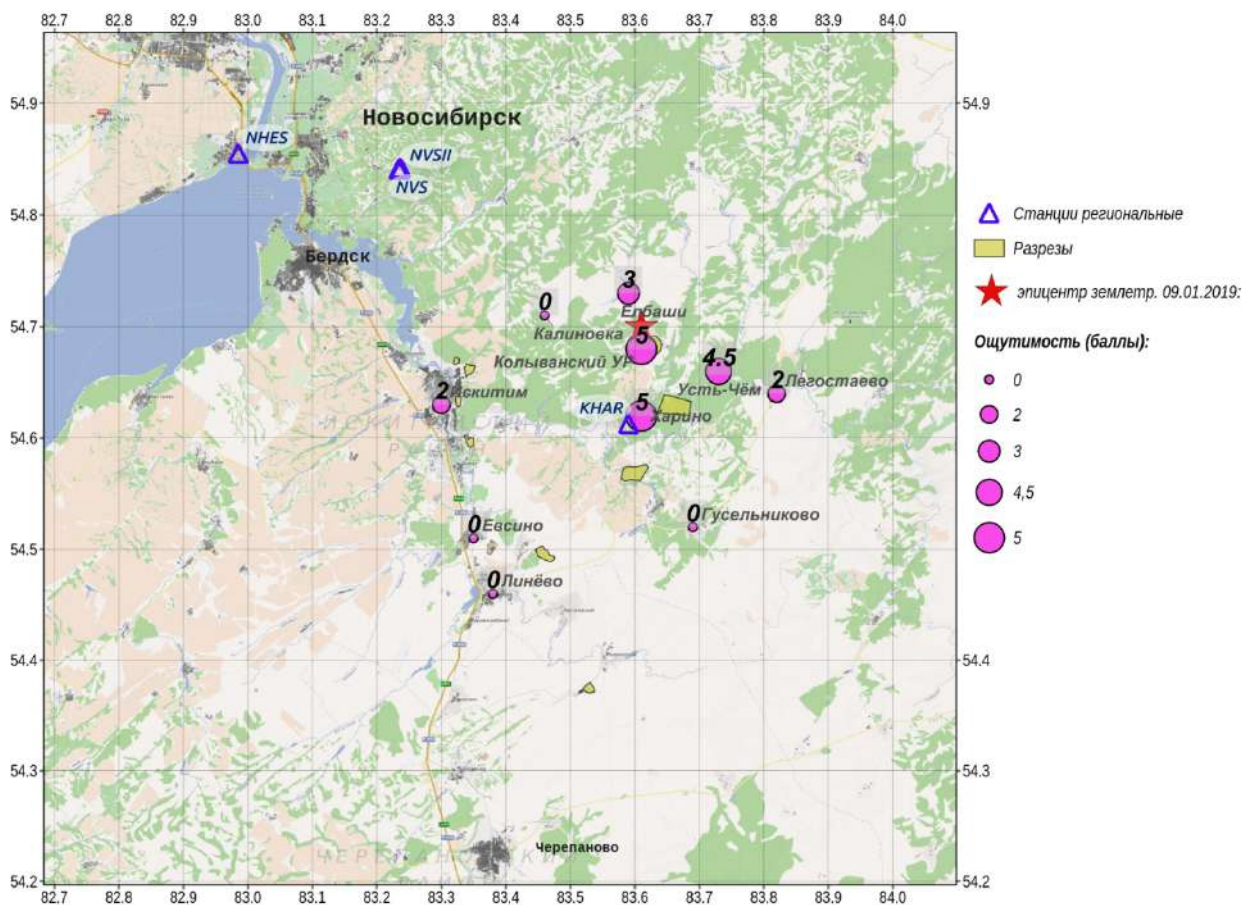


Рис. 1. Карта макросейсмических проявлений Колыванского землетрясения 9.01.2019 с $M_L = 4,3$

На рис. 2 представлены эпицентры землетрясений около г. Новосибирск. Район по природной сейсмичности можно классифицировать, как зону умеренной сейсмичности. Самое крупное Бердское землетрясение с магнитудой 5,7 произошло в 1882 году [9]. Эпицентр события расположен в Колывань-Томской складчатой зоне, для которой известны и другие факты проявления повышенной сейсмичности, например, в районе г. Камень-на-Оби. Серые эпицентры событий – это данные инструментального периода до 2011 года, когда добыча угля на Горловском месторождении существенно возросла, показывают, что сейсмичность за весь двадцатый век и первое десятилетие двадцать первого была весьма умеренной и только изредка происходили события в районе Колывань-Томской складчатой зоны, и только одно было зафиксировано в Горловском бассейне. Добыча угля уже велась, но повышенная сейсмичность не фиксировалась. После 2011 года увеличивается добыча угля в Горловском бассейне и формируется сейсмическая активизация недр Горловской впадины, как ответ на техногенное

воздействие. На рис. 2 синими треугольниками обозначены временные сейсмологические станции, установленные в районе добычи угля, для контроля за сейсмической активизацией. Станция Харино (KHAR) работает с 23.11.2011 года, а станции Елбаш (KLV01) и Усть-Чём (KLV02) с 01.12.2017. Станции передают информацию в центр обработки в режиме реального времени и обрабатываются совместно со станциями сети Алтае-Саянской горной области.

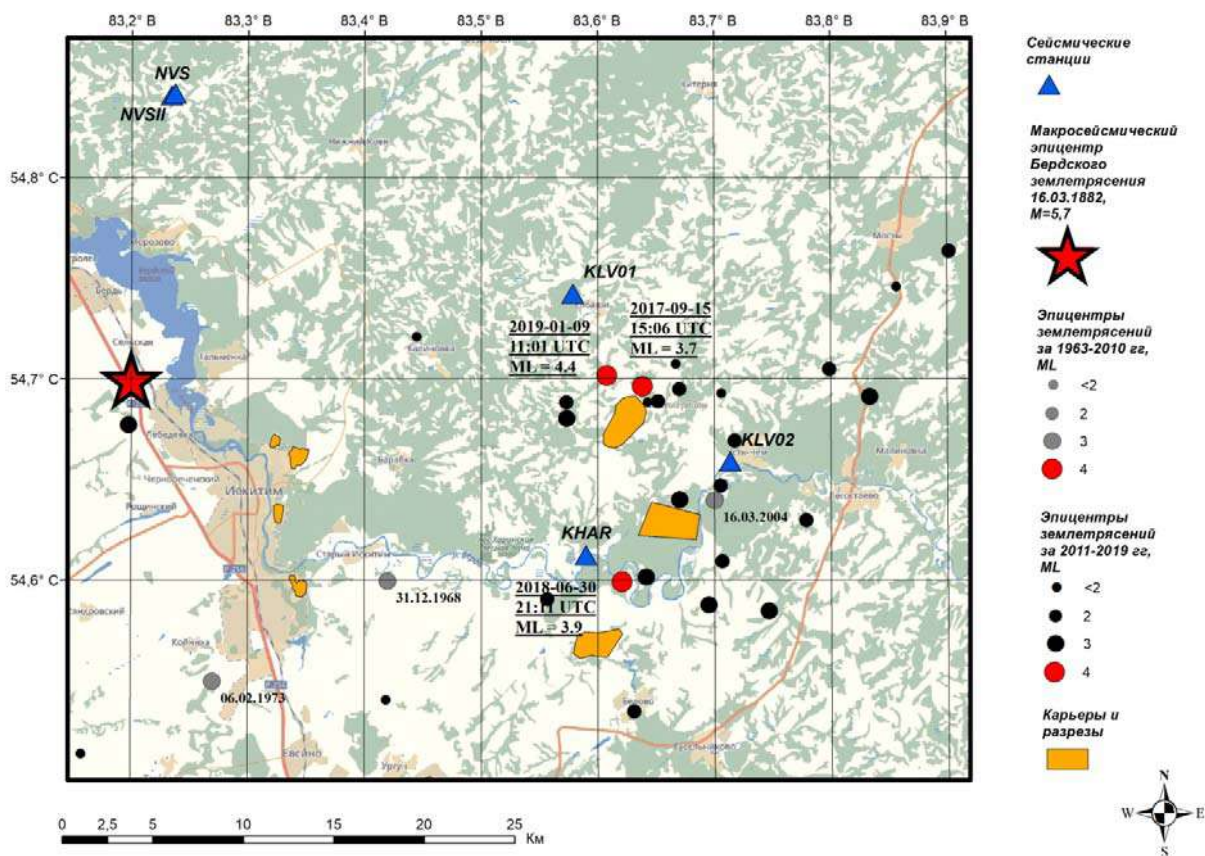


Рис. 2. Карта эпицентров землетрясений юго-восточной окраины г. Новосибирска

Развитие сейсмического процесса в районе Колыванского разреза представлено на рис. 3, красные точки соответствуют землетрясениям на плоскости магнитуда – время. В районе Колыванского разреза фиксируется рост максимальных магнитуд землетрясений со временем. Начиная с 2017 года, три последних землетрясения являются крупнейшими техногенными землетрясениями в Западной Сибири за годовой период, и магнитуда этих землетрясений постоянно растёт. Отличительной особенностью данного процесса является обеднённость землетрясениями малых энергий. Желтым цветом представлен сейсмический процесс в районе разреза Бачатский. Мы видим, что крупные землетрясения выглядят, как отскоки от активизаций малых энергий. В районе Колыванского разреза слабых землетрясений существенно меньше. Для техногенных сейсмических процессов на разных добывающих предприятиях Кузбасса уве-

ренно строятся графики повторяемости землетрясений [3]. Наклон графиков техногенных землетрясений в Кузбассе отличается от наклона графиков для тектонических землетрясений Алтая и для разных предприятий имеет индивидуальное значение. Используя наклон графика повторяемости, можно хотя бы оценивать повторяемость землетрясений высоких энергий.

Диаграмма распределения землетрясений в районе угольных разрезов

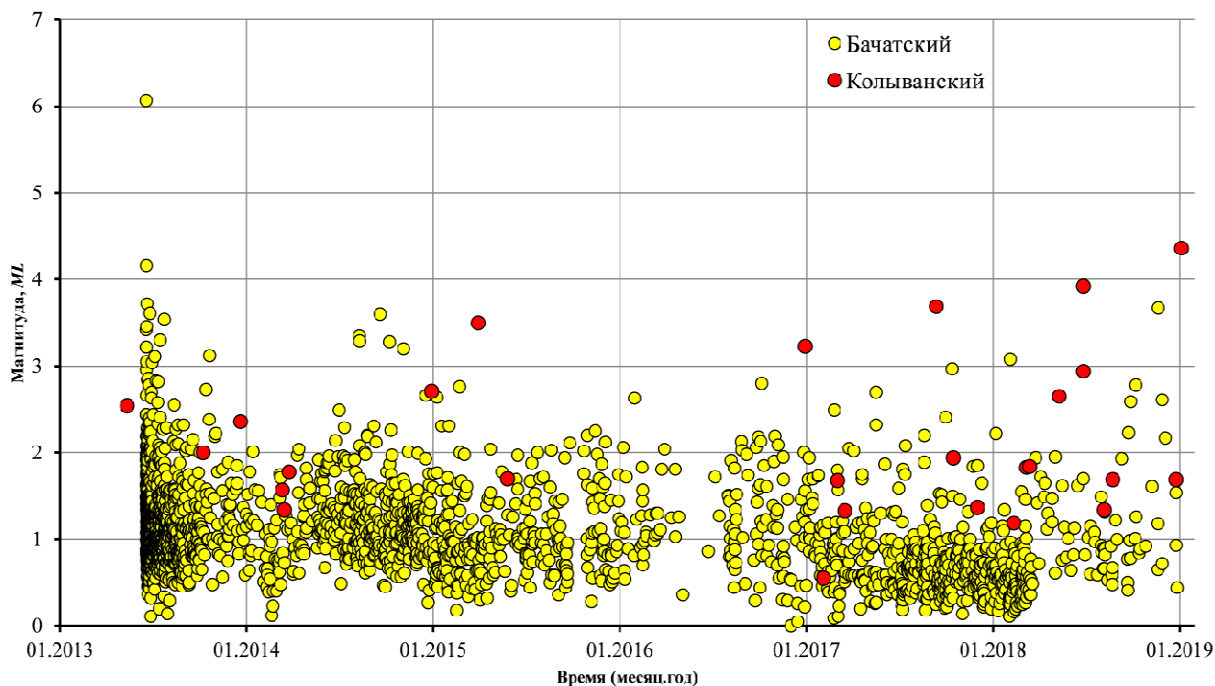


Рис. 3. Сравнение развития сейсмичности Бачатского (Кемеровская обл.) и Кольванского (Новосибирская обл.) разрезов во времени

Для Кольванского угольного разреза на сегодняшний день нет достаточной статистики для построения графика повторяемости. Построение выполнено для землетрясений Горловского месторождения угля, где работают несколько разрезов.

На рис. 4 дан график повторяемости для периода наблюдения 2010÷2019 гг. Значение коэффициента угла прямой -0.44 . Для других экспериментов выстраивается по значениям коэффициента наклона прямой следующий ряд (коэффициенты для всех зон получены с использованием магнитуды ML):

- Чуйско-Курайская зона – 0,72
- Алтай-Саянская горная область – 0,77
- Разрез «Бачатский» – 0,94
- г. Осинники – 1,25
- Шахта «Распадская» – 1,29
- Район г. Полысаево – 1,77.

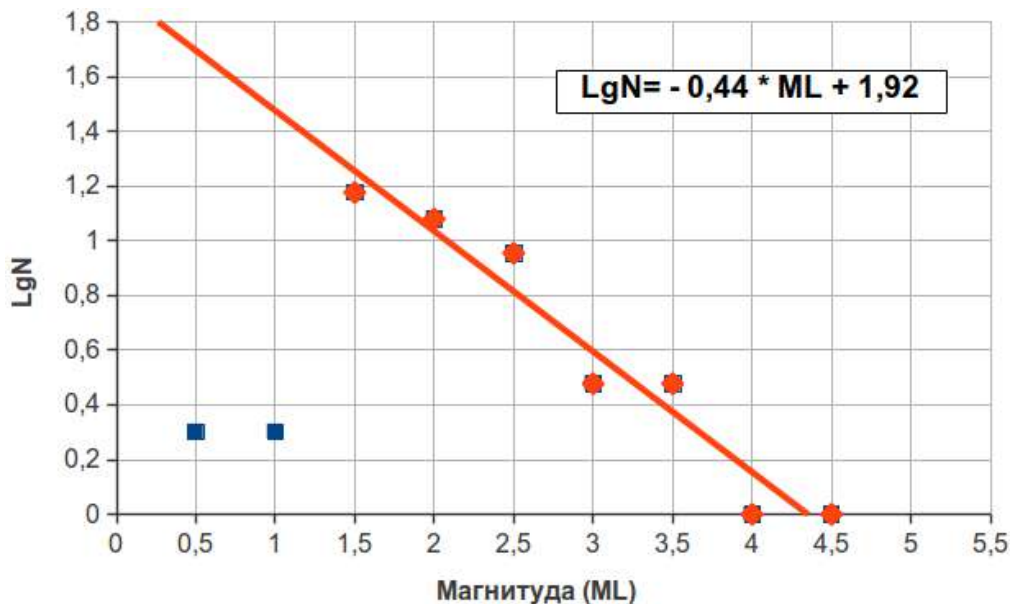


Рис. 4. График повторяемости землетрясений для Горловской впадины, период 2010÷2019гг.

Красными маркерами показаны значения, привлеченные к расчету осредняющей прямой, синими – удаленные из расчетов

Мы видим, что район Горловского месторождения угля существенно отличается по сейсмическому режиму от природной сейсмичности и от районов наведённой сейсмичности в Кузбассе. Для наведённой сейсмичности в Кузбассе характерно очень большое количество землетрясений малых энергий на долю крупных событий. Для Горловской впадины доля слабых землетрясений на одно крупное существенно меньше.

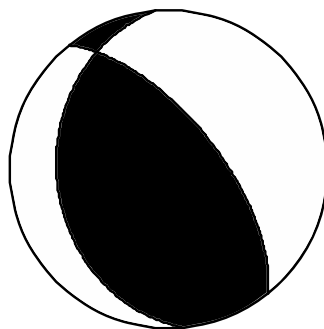


Рис. 5. Механизм очага Кольванского землетрясения 9.01.2019, ML=4,3 (взброс)

На рис. 5 представлен механизм очага землетрясения. Он аналогичен механизму большинства техногенных землетрясений Кузбасса. По-видимому, процесс сейсмической активизации недр подобный для этих регионов, но с разницей в физических свойствах пород.

Обсуждение результатов

Колыванское землетрясение 2019 года по своим характеристикам описывается следующим образом: малая глубина и приуроченность к открытой горной выработке, характерный для землетрясений около угольных горных выработок механизм – взброс, может быть отнесен к землетрясениям техногенной природы. В целом это землетрясение является сильнейшим представителем серии землетрясений, произошедших в Горловской впадине с момента масштабного увеличения добычи антрацита открытым способом. Наведённая сейсмичность в Горловском угольном бассейне в последнем десятилетии развивается, как усиливающийся и опасный процесс.

Детальное изучение дальнейшего развития наведённой сейсмичности не ограничивается только сейсмологическими исследованиями. Нужны надёжные данные о строении Горловской впадины в целом. Сейсмические исследования методом ГСЗ, пересекающие в крест Колывань-Томскую складчатую зону, Салаир и Кузнецкую впадину [6, 7], к сожалению, не проходят через Горловскую впадину. Имеются региональные данные о скоростном строении земной коры в соседних структурах, но нет информации о скоростях сейсмических волн в Горловской впадине.

При некоторых общих свойствах осадков Горловского бассейна с Кузнецкой впадиной в обоих случаях нижнюю часть осадков составляют карбонатные образования нижнего карбона и перми, имеются значительные отличия осадочных толщ впадин [10]. Во-первых, угольные отложения Горловского бассейна характеризуются очень большой фациальной изменчивостью осадков на коротком расстоянии. Во-вторых, они интенсивно дислоцированы. В-третьих, угленосные отложения в меньшей степени насыщены органическими осадками, чем в Кузнецком бассейне. И последнее, разрезы Горловского бассейна отличаются от разрезов Кузбасса типами пород. Они более тонкозернистые, обладают характерными текстурами, среди которых часто встречаются текстуры оползания, оплывания и т.п.

Информация об изменчивости пород осадочного слоя в основном опирается на обобщение горнотехнических условий на месторождении [12]. Отмечается закономерное изменение физико-механических свойств пород с глубиной. По мере увеличения глубины возрастают плотность, временное сопротивление сжатию и коэффициент крепости пород при одновременном уменьшении их влажности, максимальной влагоёмкости и пористости.

Сложность горно-геологических условий разработки угольных месторождений обусловлена исключительной тектонической напряжённостью бассейна, широким развитием дизъюнктивных нарушений и мелкой складчатости. Трещиноватость и раздробленность резко снижают прочностные и плотностные характеристики пород. При эксплуатации разреза «Горловский» имели место обрушения пород и сползания больших масс угля по зеркалам скольжения. В подземных выработках шахты «Листвянская» наблюдались пучения (выдав-

ливание) почвы горных пород, вывалы пород в призабойное пространство и образование куполов.

Промышленные взрывы в разрезе производятся регулярно, но увязать землетрясения с моментами промышленных взрывов не удаётся. При добыче угля происходят быстрые изменения рельефа местности. Можно предполагать, что этот фактор является определяющим в возникновении и протекании наведённой сейсмичности около разрезов.

Требующим особого внимания является факт значительного отличия сейсмического процесса в Горловском угольном бассейне от сейсмических активизаций в Кузбассе. Отмеченные выше существенные отличия пород Горловского бассейна от пород Кузбасса могут быть причиной значимо иного наклона графика повторяемости землетрясений в Горловской впадине от графика повторяемости землетрясений для сейсмических активизаций в Кузнецкой котловине.

Парадоксальным является несоответствие карт сотрясаемости дневной поверхности с областью уверенной регистрации сейсмических волн от землетрясений. Волны от землетрясений зарегистрированы на удалениях тысячи километров, а колебания дневной поверхности в баллах ниже, чем рассчитывается по макросейсмическому уравнению для данного региона.

Причина аномального наклона графика повторяемости и отличий реальных данных о сотрясаемости территории от расчетов по макросейсмическому уравнению может быть одна и та же. Это физическое состояние пород. Впадина сильно деформирована и сжата Салаиром и Томь-Колыванской складчатой зоной. Породы испытали сильный метаморфизм. Уже отмечалась горняками пластичность пород, меняющаяся с глубиной и по латерали. Именно такие особенности горных пород и напряжённое состояние впадины могут объяснить особенности наведённой сейсмичности в Горловском угольном бассейне.

Выводы

Колыванское землетрясение 09.01.2019 с $M_L=4,3$ относится к техногенным по следующим признакам: приуроченность к одноимённому разрезу, где ведётся масштабная добыча угля, малая глубина очага (4 км), характерный для большинства техногенных землетрясений при добыче угля механизм – взброс.

В Горловском месторождении угля (Новосибирская область) в последнем десятилетии усиливается наведённая сейсмичность одновременно с ростом масштабов добычи антрацита открытым способом.

Установлен факт существенного отличия сейсмического режима Колыванского разреза от сейсмического режима аналогичных по размерам разрезов Кузбасса. В Колыванском разрезе при небольшом количестве слабых землетрясений возникают крупные, что говорит о крайне неравновесном состоянии недр и сложности прогноза крупных событий около разрезов.

Обнаружено несоответствие карт сотрясаемости дневной поверхности с областью уверенной регистрации сейсмических волн от землетрясения. Волны от землетрясения зарегистрированы на удалениях тысячи километров, а ко-

лебания дневной поверхности в баллах ниже, чем рассчитывается по макро-сейсмическому уравнению для данного региона.

Недостаточно хорошая изученность обнаруженного очага наведённой сейсмичности и его близость (20-30км) к таким населённым пунктам, как Искитим, Бердск, Новосибирский Академгородок и др. делают весьма актуальными геофизические исследования в Горловской впадине.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Верхний палеозой Ангариды. Фауна и флора / О.А. Бетехтина, С.Г. Горелова, Л.Л. Дрягина, В.И. Данилов, С.П. Батяева, П.А. Токарева. – Новосибирск: Наука, 1988. – 265 с.
2. Геологическое строение и полезные ископаемые Западной Сибири. Т.1. Геологическое строение/ МПР РФ. ОАО «Новосибирскгеология», ОИГГМ СО РАН / Под редакцией А.В.Каныгина и В.Г. Свиридова. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. – 228с.
3. Техногенное Бачатское землетрясение 18.06.2013 в Кузбассе – сильнейшее в мире при добыче твёрдых полезных ископаемых / А.Ф. Еманов, А.А. Еманов, А.В. Фатеев, Е.В. Лескова // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2016. – Т.43. – № 4. –С.34-60.
4. Сейсмический эффект промышленных взрывов в Западной Сибири и наведённая сейсмичность / А.Ф. Еманов, А.А. Еманов, А.В. Фатеев, Е.В. Шевкунова, У.Ю. Ворона, Н.А. Серёжников // Вопросы инженерной сейсмологии. – 2018. – Т. 45. – №4. С.63-79.
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200000, Лист N-44-XVIII (Черепаново). Объяснительная записка / А.Д. Котельников, С.В. Максиков, И.В. Котельникова, Н.А. Макаренко, К.С. Субботин. – М.: МФ ВСЕГЕИ, 2015. – 200с.
6. Глубинные сейсмические исследования в районе Салаирского кряжа / С.В. Крылов, Б.П. Мишенькин, Г.В. Крупская, Г.В. Петрик // Геология и геофизика. – 1971. – №7. – С. 114-123.
7. Характеристика Западно-Сибирского региона по данным глубинного сейсмического зондирования / С.В. Крылов, Б.П. Мишенькин, А.Л. Рудницкий, В.Д. Суворов: Сб. тр. «Строение земной коры в Западной Сибири (по результатам глубинного сейсмического зондирования)». – Новосибирск: Институт геологии и геофизики СО АН, 1974. –С.6-15.
8. Минералогия области сочленения Салаира и Колывань-Томской складчатой зоны / Н.А. Росляков, Ю.Г. Щербаков, Л.А. Алабин, Г.В. Нестеренко, Ю.А. Калинин, Н.В. Рослякова, И.П. Васильев, А.И. Неволько, С.Р. Осинцев. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, Филиал ГЕО, 2001. – 243с.
9. Мушкетов И., Орлов А. Каталог землетрясений Российской Империи. – Спб: Типография императорской академии наук, 1890. – 582 с.
10. Скрипченко Б.Г. Структура, свойства и направления использования антрацитов Горловского бассейна // Химия твёрдого топлива. – 2010. – №3. –С.3-15.
11. Геодинамика, магматизм и металлогения Колывань-Томской складчатой зоны / В.И. Сотников, Г.С. Федосеев, Л.В. Кунгурцев, А.С. Борисенко, А.А. Оболенский, И.П. Васильев, В.О. Гимон. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. – 227с.
12. Угольная база России. Том II. Угольные бассейны и месторождения Западной Сибири (Кузнецкий, Горловский, Западно-Сибирский бассейны; месторождения Алтайского Края и Республики Алтай). – М.: Геоинформцентр, 2003. – 604с.
13. Шебалин Н.В. Сильные землетрясения. Избранные труды. – М.: Издательство Академии горных наук, 1997. – 518 с.

© А. Ф. Еманов, А. А. Еманов, А. В. Фатеев, В. Г. Подкорытова,
О. В. Куприш, Е. В. Шевкунова, 2019