
© А.С. Батугин, И.М. Батугина, И.В. Головки,
В.А. Семенов, Юй Лицзян, Цяо Цзяньюн,
Чжао Цзинли, Ван Чжицянь, Чжан Хунвэй,
Лань Тяньвэй, 2015

УДК 622.41:533.17

**А.С. Батугин, И.М. Батугина, И.В. Головки,
В.А. Семенов, Юй Лицзян, Цяо Цзяньюн, Чжао Цзинли,
Ван Чжицянь, Чжан Хунвэй, Лань Тяньвэй**

НОВЫЕ ФОРМЫ ПРОЯВЛЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Рассмотрен характер проявления геодинамической опасности при затоплении шахт, интенсивном ведении горных работ, активизация геодинамически опасных зон

Ключевые слова: горный удар, техногенная сейсмичность, геодинамическая опасность, геодинамически опасные зоны

Современное воздействие техносферы на природную среду приобрело глобальные масштабы. Анализ экологических последствий развития горнодобывающей промышленности приводит ученых к выводам о необратимых и уже в ряде случаев катастрофических последствиях освоения недр в горнопромышленных районах. Фактор экологической безопасности превращается в фактор сохранения генетического фонда нашего общества и здоровья населения, обеспечения государственной безопасности, социальной и экономической стабильности. В этой связи геодинамическая опасность выступает как недостаточно изученный и недооцененный вид экологической опасности, который все отчетливее приобретает общественное значение.

Первоначально геодинамическая опасность затрагивала в основном интересы горнодобывающей промышленности, почти не отражаясь на состоянии окружающей среды и биологического оптимума для населения. Так, горные удары и внезапные выбросы известны уже более 200 лет, но лишь последние десятилетия наиболее крупные из них стали называть техногенными землетрясениями, оказывающими комплексное воздействие на окружающую среду.

Начало эры техногенных землетрясений, по-видимому, можно отнести к 20-30-м годам 20 века. В это время в горнопромышленных районах мира стали происходить крупные горные удары, которые, по современным классификациям (Пету-

хова И.М., Шемякина Е.И. с соавторами, Турчанинова И.А., Кука Н., и др.), вне сомнения, были бы отнесены к техногенным землетрясениям с высоким уровнем сейсмической энергии и участием современных тектонических сил земной коры. С этого же времени уже можно отметить комплексное негативное воздействие на окружающую среду геодинамических явлений. Так, можно привести некоторые примеры крупных горных ударов в прошлом по материалам работы И.М. Батугиной [1].

В 1930 г. На руднике «Майсор» Коларского месторождения в Индии произошел горный удар с размером гипоцентра по вертикали 374 метра, на поверхности сотрясения ощущались в радиусе 16 км, а в надшахтных зданиях образовались трещины. После первого, самого сильного удара, в течение 32,5 часов ощущалось более 56 толчков. Там же на руднике «Чемпион Риф» в 1952 году произошел горный удар, при котором было повреждено более 100 зданий на поверхности так сильно, что многие из них были снесены (включая церковь и школу). С 1959 года отмечены горные удары, гипоцентры которых находились далеко от рудной жилы, вне зоны влияния очистных работ, возникновение которых связывают с Майсорским Северным сбросом. После закрытия и затопления рудника в 1991 году произошло несколько сильных толчков.

На свинцово-цинковом Тирольском месторождении (Австрия) на руднике Райбл горные удары отмечены с 1886 года. В 1929 и 1930 годах здесь произошли крупные горные удары в районах, где десятки лет никто не работал. Горные удары сопровождались сотрясением земной поверхности и гулом, слышимом в радиусе до 15 км.

На руднике Пршибрам (Чехия), за период с 1910 по 1960 г. произошли горные удары восточнее разработок на 20 км; севернее разработок – на 10 км; южнее разработок – на 10 км. Эти горные удары проявились как землетрясения и были отмечены сейсмостанциями Праги, Пругонице и Клодно. В 1980 году произошел сильный горный удар с $M=2,5$ и $I_0 = 5,5$ баллов по шкале MSK-64 с гипоцентром на глубине 1,3 км на закрытой шахте Анна. После закрытия и затопления угольных шахт в 1990-х годах отмечено не менее 15 толчков, ощущаемых жителями городов Березови Гори и Пршибрам.

Горные удары с сотрясением земной поверхности до 7 баллов и ощутимые на расстоянии до 10 км отмечены в ЮАР на руднике Витватерсранд с 1924 года.

На шахте Херинген, ГДР, 22 февраля 1958 года произошел горный удар, проявившийся как серия ударов в течение нескольких часов. Радиус действия на поверхности достигал 1000 км. В эпицентре на поверхности возникли разрушения, характерные для 8-бального землетрясения.

Во Франции, Лотарингия, после горного удара на железном руднике на поверхности появились трещины шириной до 1 м. Радиус действия этого горного удара – 400 км.

Крупнейший горный удар, проявившийся как серия ударов в течение двух дней, произошел в Канаде 14 августа 1964 года. Радиус действия этого удара достигал 2600 км, после горного удара рудник был закрыт.

Сотрясение земной поверхности при горных ударах отмечались в 1950-60 годах и позднее на угольных месторождениях Китая. Так, на Си-Шаньском месторождении при ударах 3 августа 1959 г. и 10 марта 1964 г. было разрушено 80 домов и 8-метровая кирпичная труба. Радиус зоны разрушения составил 100-200 м. На месторождении Бейпяо при горных ударах в 1979-1990 гг разрушались здания на поверхности, при горных ударах на шахте Монтего сейсмический эффект отмечался в г. Пекине, расположенном в 70 км от шахты.

Важной особенностью этих геодинамических явлений является то, что на всех без исключения месторождениях они возникали внезапно, неожиданно и часто рассматривались как случайность или стечение неблагоприятных обстоятельств. Об этом говорит тот факт, что специальные комиссии по горным ударам были созданы в разных странах лишь после неоднократных крупных аварий.

На шахтах СССР первые горные удары были отмечены в Кизеловском бассейне в 1950-х годах. Некоторые из них, как например, горные удары на шахтах им. Урицкого, им. Калинина, носили характер техногенных землетрясений с сотрясанием пород в радиусе до 6 км и выводом из строя на длительный срок горных выработок.

Горно-тектонические удары, произошедшие на месторождениях России в 1980-2013 гг., вызывали сотрясения поверхности, разрушение зданий, приводили к просадкам поверхности, появлению трещин, исчезновению водотоков, крупному материальному ущербу. Кроме того, поскольку многие удароопасные месторождения разрабатываются в густонаселенных промышленных регионах, стала ощущаться угроза воздействия сейсмического эффекта горно-тектонических ударов на опасные промышленные производства.

В связи с этим можно говорить о том, что в России произошло формирование горнопромышленных районов, подверженных техногенной сейсмичности. В них частота и интенсивность землетрясений оказывается выше нормальной для данного района, а очаги землетрясений располагаются в непосредственной близости от инженерных объектов.

Среди таких районов можно назвать Кемеровскую область с Кузбассом, Урал, районы горных разработок Кольского полуострова, районы добычи калийных солей в Пермской области (города Березняки и Соликамск).

На территории Кемеровской области, где расположены гиганты металлургической и химической промышленности, количество техногенных землетрясений и их энергия продолжают увеличиваться. В 1990-х годах на фоне снижения объемов угледобычи сейсмическая активность в добывающих районах Кузбасса продолжала нарастать, а геодинамическая опасность стала проявляться в новых формах, как и на других месторождениях мира.

Техногенные землетрясения при затоплении шахт.

25.04.97 и 27.04.97 на севере Кузбасса произошли землетрясения силой до 5 баллов и $M=2,3$. Эпицентры землетрясений были приурочены непосредственно к полю шахты «Анжерская». Впоследствии на поле шахты «Анжерская» был заложен геодинамический полигон для проведения мониторинговых работ.

Результаты исследований по геодинамическому районированию показывают, что при затоплении шахт может происходить активизация крупных тектонических нарушений (длиной от 0,5-1 км) с подвижками крыльев и изучением сейсмической

энергии [2]. Сущность этого процесса заключается в том, что под действием гидростатического давления воды уменьшается нормальное сжатие крыльев дизъюнктива, в плоскости сместителя возрастает отношение сдвигающих сил к удерживающим, в результате чего увеличивается опасность внезапного смещения одного из крыльев дизъюнктива. Реализации данного механизма способствует то, что горный массив на отработанном поле шахты по сравнению с нетронутым массивом имеет разуплотненные зоны, возникшие в результате добычи полезного ископаемого, по которым осуществляется связь водоносных горизонтов и передается гидравлическое давление.

Кроме того, вблизи поверхности сместителя происходит изменение направлений действия главных напряжений σ_1 и σ_3 за счет снижения контакта крыльев дизъюнктива под действием гидростатического распора. При этом максимальное сжатие σ_1 начинает действовать вдоль плоскости сместителя, а σ_3 - перпендикулярна ему. В этом случае сдвигающие напряжения могут существенно возрастать и достигать величин, соизмеримых с прочностью массива.

Шахта «Анжерская» обрабатывала пласты Десятый, Андреевский, Коксовый и на момент закрытия имела глубину более 700 м. Площадь шахтного поля составляла около 4 км². Затопление шахты началось в 1995 году, скорость подъема воды составляла в среднем 10 м\мес. К апрелю 1997 г, когда произошли упомянутые землетрясения, подъем воды в шахтеставлял более 200 м.

Тектонически шахтное поле приурочено к интенсивно нарушенной замковой части анжерской синклинали. Наиболее крупным дизъюнктивным нарушением данного района является Томский надвиг, отделяющий Кузбасс от Колывань – Томской складчатой области. Основные дизъюнктивы, вскрытые горными выработками – согласные взбросы, для которых отмечается зависимость углов падения от углов падения угольной толщи. В районе шахтного поля Томский надвиг образует коленообразный изгиб, изменяя свое простирание с меридионального на субширотное и вновь на меридиональное. Длина широтного участка, который является северной границей шахтного поля,

составляет несколько километров. Здесь, в районе коленообразного изгиба Томского надвига, при ведении горных работ обнаружены протяженные несогласные дизъюнктивы субширотной ориентировки, часть из которых является сдвигами, а часть сбросами с вертикальной штриховкой на сместителях. Хорошо изучены пять поперечных сдвигов — P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 . Их характерной особенностью является то, что они смещают складки и продольные дизъюнктивы с запада на восток от 5 до 20 м. Наиболее крупным и протяженным является сдвиг P_1 , прослеженный в южной части шахтного поля по всем пластам более чем на 1,8 км.

Оценка возможности внезапных смещений по дизъюнктивам шахтного поля при затоплении шахты по значениям относительных касательных напряжений τ_n / τ_{max} представлена в табл. 1.

Таблица 1

Тектонофизические условия для дизъюнктивов поля шахты «Анжерская»

Нарушение	Аз пад	Угол пад	τ_n / τ_{max} при $-1 \leq \mu_\sigma \leq +1$	σ_n / σ_1 при $-1 \leq \mu_\sigma \leq +1$
1	32	70	0,97	0,7-0,77
2	25	80	0,97-0,99	0,8-0,84
3	240	70	0,82-0,5	0,53-0,59
4	300	75	0,99	0,75-0,77
Согласный взброс	282	45	0,97-0,61	0,35-0,55

Анализ таблицы показывает, что все нарушения, за исключением крутопадающих запад-северо-западного простирания, расположены в плоскостях, близких к τ_{max} , т.е. благоприятно для развития по ним смещений и для искривления осей главных напряжений вдоль плоскостей сместителей.

Наибольшую опасность представляют поперечные сдвиги, которые могут активизироваться при глубине затопления 200 м. Можно получить, что при $\sigma_1 = 15 - 20$ МПа превышение сдвигающих сил над силой трения крыльев дизъюнктива по сместителю составит 12–18 МПа, что достаточно для толчко-

образного деформирования массива, нарушенного ведением горных работ.

С ростом глубины затопления в опасное состояние будут переходить и другие нарушения шахтного поля, увеличивая размеры зоны потенциальной геодинамической опасности [3].

Подобные явления происходят на других месторождениях мира. После закрытия и затопления горных выработок отмечалась сейсмичность на месторождениях Чехии, Индии и др.[4]. Необходимо учитывать эту новую опасность в проектах по строительству и ликвидации шахт, особенно в густонаселенных промышленных районах.

Техногенные землетрясения в районах действующих шахт.

В районах действующих шахт отмечается сейсмичность с расположением гипоцентров на глубинах, намного превышающих глубину ведения горных работ, что объясняется переходом более глубоко залегающих частей массива в предельно напряженное состояние под действием горных разработок и взаимодействием техногенного и тектонического полей напряжений [5].

Так, техногенная сейсмичность в Кузбассе в районе г. Полысаево стала отчетливо проявляться с 2006 г. в районе полей шахт «Октябрьская» и «Полысаевская», ведущих интенсивную добычу угля. В 2013 г. произошло землетрясение вблизи Бачатского карьера, которое относят к крупнейшим техногенным землетрясениям. Работы по геодинамическому районированию с выделением геодинамически опасных зон и оценкой напряженного состояния массива были выполнены в этом районе Кузбасса более 25 лет назад, рис. 1 [6,7]. По данным [7] в этом районе действует тектоническое поле напряжений с горизонтальным положением оси максимального сжатия, а границы блоков северо-западного простирания имеют сдвиговую составляющую. Исследования по сейсмичности района за 2007-2009 опубликованы в работах [8,9].

По результатам сейсмологических наблюдений специалистами геофизической службы СО РАН были выделены несколько областей сейсмической активизации, из которых области II-V имели привязку к горным работам, а области I и VI не были связаны с действующими выработками. На рисунке видно, что сейсмически активные зоны II, IV, V расположены у границы блоков II ранга, а именно в узле пересечения границ

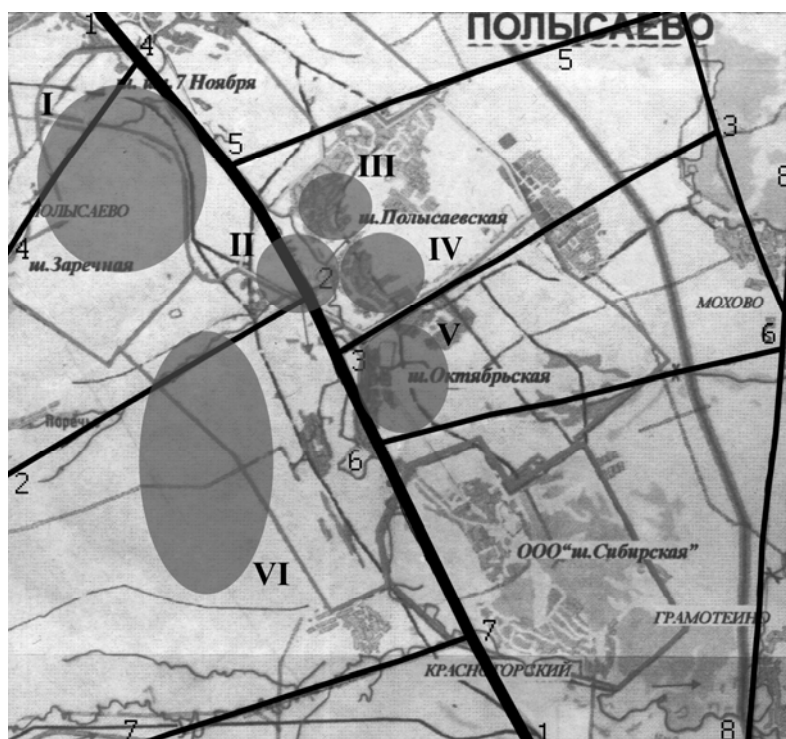


Рис. 1. Схема блочного строения района г.Полысаево с областями сейсмической активизации по материалам [8,9] (пояснения в тексте)

блоков II и III рангов. Область сейсмической активизации I расположена у границы блоков III ранга, в районе старых выработок шахт «7 ноября» и «Комсомолец». По данным [8,9] гипоцентры части сейсмических событий находятся на глубинах 2-3 км и имеют взбросовый механизм. Взбросовый механизм сейсмических явлений свидетельствует об участии в сейсмическом процессе современного поля напряжений с горизонтально расположенной осью максимального сжатия, что соответствует материалам геодинамического районирования. Подчинение направлений смещения по нарушениям современному полю напряжений указывает на активизировавшийся процесс перехода блоков земной коры в предельно напряженное состояние под воздействием масштабного ведения горных работ и их относительного смещения [10]. Можно предполагать, что продолжением этого процесса явилось Бачатское землетрясение,

возникшее вследствие подвижки блоков по их границе, разгруженной от нормального сжатия карьерной выемкой.

Исследования по геодинамической активности на месторождении Цзинси в Китае показывают также, что мелкофокусные землетрясения и горные удары на шахтах, происходят в едином поле напряжений и их проявление является циклическим [11]. Максимальное главное напряжение и соотношение между величинами максимального и минимального напряжений здесь значительно выше, чем в среднем по Китаю. Удароопасные шахты находятся в районе с высокой скоростью изменения энергии деформаций земной коры, что свидетельствует об участии современных тектонических сил в проявлении горных ударов.

Аномальные деформации массива при ведении горных работ в геодинамически опасных зонах

На шахте Хуафэн в Китае исследования по геодинамическому районированию позволили установить причины аномальных сдвижений земной поверхности и их связь с проявлением техногенной сейсмичности [12].

Шахта Хуафэн является одной из наиболее удароопасных и глубоких шахт Китая. Горные работы ведутся на глубине более 1000 м. В последние годы на шахте происходит до десяти крупных горных ударов в год, которые ощущаются на поверхности как землетрясения с магнитудой до 2,9. Происходит раскрытие трещин на поверхности длиной десятки и сотни метров на величину до 1 м, деформация зданий и сооружений на поверхности. Возникла реальная угроза образования раскрытых трещин под крупной рекой Вэй-хэ, что поставило под вопрос дальнейшее развитие горных работ.

На основе результатов геодинамического районирования рассмотрен механизм и причины повышенной удароопасности на шахте. Фронт горных работ под острым углом движется к границе блоков II ранга – ветви Маньшанского разлома, рис. 2.

Развитие и рост трещин при сдвигении приводит к уменьшению контакта подрабатываемого блока с соседними блоками, в результате чего растет горное давление в области ведения горных работ. Рост горного давления способствует проявлению горных ударов. Горные удары с энергией 10^6 - 10^7 Дж

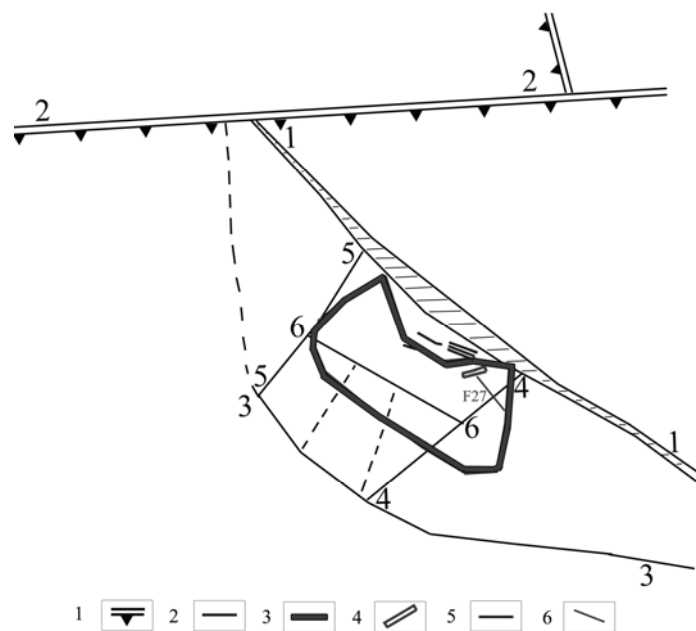


Рис.3 Схема блочного строения шахты Хуафэн: 1 – граница 3-го ранга; 2 – граница 4-го ранга; 3 – граница шахты; 4 – удароопасная зона; 5 – трещина; 6 – нарушение

вызывают сотрясение и вибрацию массива, что способствует дальнейшему росту трещин и еще большей потери контакта подрабатываемого блока с остальным массивом. Горное давление повышается, происходит горный удар и весь цикл повторяется. Раскрытие причин повышенной удароопасности и появления протяженных трещин на поверхности открывает путь к разработке профилактических мероприятий по безопасному ведению горных работ.

Таким образом, наряду с уже известными геодинамическими явлениями (горные удары и внезапные выбросы) в горнопромышленных угольных районах отмечаются новые формы проявления геодинамической опасности (техногенная сейсмичность при затоплении шахт и масштабном ведении горных работ, аномальные сдвиги земной поверхности в геодинамически опасных зонах), отрицательно воздействующие на окружающую среду, вызывающие социальную напряженность, повышающие риски для опасных промышленных производств,

расположенных в регионе. В этих условиях для обеспечения геодинамической безопасности разработки у месторождений особое место занимают работы и мероприятия, осуществляемые на стадии планирования горных работ, основой для которых могут служить материалы геодинамического районирования. В процессе ведения горных работ в геодинамически опасных зонах необходим расширенный геодинамический мониторинг массива горных работ и земной поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батугина И.М. Каталог горных ударов на зарубежных месторождениях. Деп. рукопись. 1978.
2. Батугин А.С. К механизму землетрясений 25.04.1997 и 27.04.1997 на севере Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень, № 2.—2006.—Стр. 185—189.
3. Головки И.В., Батугин А.С. Оценка геодинамического риска при затоплении шахт (на примере ш. Анжерская) // Горный информационно-аналитический бюллетень, № 10.—2010.—Стр. 78—81/
4. Батугин А.С., Алферова А.С. Геодинамическая опасность как разновидность экологической опасности // Горный информационно-аналитический бюллетень, Отдельный выпуск 8 «Экология и метанобезопасность» —2011.—Стр. 297—304.
5. Петухов И.М., Батугина И.М. Геодинамика недр.—2-е изд., перераб. и доп.—М.: «Недра коммюникейшенс ЛТД», 1999.—256 с.: ил.
6. Батугина И.М., Петухов И.М. Геодинамическое районирование месторождений при проектировании и эксплуатации рудников. М.: Недра.1988. 166 с.
7. Батугин А.С., Лазаревич Т.И. Напряженно-деформированное состояние и особенности блочного строения некоторых шахтных полей Кузбасса. Сб. науч. трудов «Совершенствование способов разработки удароопасных месторождений. Л.: ВНИМИ. 1986. С.34-38.
8. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Фатеев А.В., Семин А.Ю. Сейсмические активизации при разработке угля в Кузбассе // Физическая мезомеханика, т. 12, № 1.—2009.—Стр. 37—43.
9. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Лескова Е.В., Фатеев А.В., Демидова А.А., Кузнецова Ю.В., Семин А.Ю., Ворона У.И., Рубцова А.В. Наведенная сейсмичность в районе г. Полысаево. (<http://gs.sbras.ru/content/> Геофизическая служба СО РАН),
10. Батугин А.С. Тектонофизическая модель горно-тектонических ударов с подвижками крыльев крупных тектонических нарушений. // ГИАБ, «Труды научного симпозиума «Неделя Горняка – 2010». 2010. с.252-264.
11. Лань Тяньвэй, Чжан Хунвэй, Батугина И.М. и др. Изучение геодинамических условий проявления горных ударов на месторождении Цзинси в Китае // ГИАБ, 2014. №7. С. 247-256.

12. Цзяо Цзяньюнь, Батугина И.М., Батугин А.С. и др. Активизация блоков земной коры под влиянием горных работ как фактор геозекологических нарушений на шахте Хуафэн в Китае // Горный информационно-аналитический бюллетень. № 12, 2012. С. 132-137. **IVAS**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Батугин Андриан Сергеевич – доктор технических наук, e-mail: asbat@mail.ru, Горный институт НИТУ «МИСиС»,
Батугина Ирина Михайловна – доктор технических наук, Горный институт НИТУ «МИСиС»,
Головко И.В. – Горный институт НИТУ «МИСиС»,
Семенов В.А. – Горный институт НИТУ «МИСиС»,
Юй Лицзян — Горный институт НИТУ «МИСиС»,
Цзяо Цзяньюнь, профессор, ректор, Китайский горный университет,
Чжао Цзинли, Ван Чжицян — Китайский горный университет
Чжан Хунвэй, Ляонинский инженерно-технический университет,
Лань Тяньвэй, доктор, преподаватель, e-mail: ltw821219@163.com, Ляонинский инженерно-технический университет,

UDC 622.41:533.17

NEW FORMS OF GEODYNAMIC HAZARD IN MINING

Batugin A.S., Doctor of Science (Engineering), Mining Institute, National University of Science and Technology "MISIS", Moscow, Russia,
Batugina I.M., Doctor of Science (Engineering), Mining Institute, National University of Science and Technology "MISIS", Moscow, Russia,
Golovko I.V., *Semenov V.A.*, *Yu Lijiang*, Mining Institute, National University of Science and Technology "MISIS", Moscow, Russia,
Qiao Jianyong, *Zhao Jingli*, *Wang Zhiqiang*, China University of Mining & Technology, Beijing),
Zhang Hongwei, *Lan Tianwei*, Liaoning Technical University.

Are considered the character of geodynamic hazards in closed mines, technogenic seismicity in area intensive mining operations, the energization of geodynamic hazard zones.

Key words: rock burst, technogenic seismicity, geodynamic hazards, geodynamic hazard zones.

REFERENCES

1. Batugina I.M. *Katalog gornyh udarov na zarubezhnyh mestorozhdenijah* (Directory of mining impacts on foreign fields). Dep. rukopis'. 1978.

2. Batugin A.S. *K mehanizmu zemletrjasenij 25.04.1997 i 27.04.1997 na severe Kuzbassa* (The mechanism of earthquakes 25.04.1997 and 27.04.1997 in Northern Kuzbass), Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten', no 2, 2006, pp. 185—189.
3. Golovko I.V., Batugin A.S. *Ocenka geodinamicheskogo riska pri zatoplenii shaht (na primere sh. Anzherskaja)* (Assessment of geodynamic risk in flooding of the mines (for example, sh. D'angers), Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten', no 10, 2010, pp. 78—81.
4. Batugin A.S., Alferova A.S. *Geodinamicheskaja opasnost' kak raznovidnost' jekologicheskoy opasnosti* (Geodynamic hazard as a variety of environmental hazards), Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten', Otdel'nyj vypusk 8 «Jekologija i metanobezopasnost'», 2011, pp. 297—304.
5. Petuhov I.M., Batugina I.M. *Geodinamika nedr (Geodynamics of the bowels)*.—2-e izd., pererab. i dop.— Moscow: «Nedra kommjunikejshens LTD», 1999, 256 p.
6. Batugina I.M., Petuhov I.M. *Geodinamicheskoe rajonirovanie mestorozhdenij pri proektirovanii i jekspluatácii rudnikov (Geodynamic zoning of mineral deposits in the design and operation of mines)*. Moscow: Nedra, 1988. 166 p.
7. Batugin A.S., Lazarevich T.I. *Napryazhenno-deformirovannoe sostojanie i osobennosti blochnogo stroenija nekotoryh shahtnyh polej Kuzbassa* (The stress-strain state and features of the block structure of some mine fields of Kuzbass), Sb. nauch. trudov «Sovershenstvovanie sposobov razrabotki udaroopasnyh mestorozhdenij, Leningrad, VNIMI, 1986, pp. 34-38.
8. Emanov A.F., Emanov A.A., Leskova E.V., Fateev A.V., Semin A.Ju. *Sejsmicheskie aktivizacii pri razrabotke uglja v Kuzbasse* (Seismic activation in the development of coal in Kuzbass), Fizicheskaja mezomehanika, t. 12, no 1, 2009, pp. 37—43.
9. Emanov A.F., Emanov A.A., Leskova E.V., Fateev A.V., Demidova A.A., Kuznetsova Ju.V., Semin A.Ju., Vorona U.I., Rubcova A.V. *Navedennaja sejsmichnost' v rajone g. Polysaevo* (Induced seismicity in the area, polysaevo), available at: http://gs.sbras.ru/content/Geofizicheskaja_sluzhba_SO_RAN,
10. Batugin A.S. *Tektonofizicheskaja model' gorno-tektonicheskikh udarov s podvzhkami krylev krupnyh tektonicheskikh narushenij* (Tectonophysical model of mining and tectonic shocks with progress of the wings of large tectonic), Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten', Trudy nauchnogo simpoziuma «Nedelja Gornjaka – 2010», 2010, pp. 252-264.
11. Lan' Tjan'vjej, Chzhan Hunvjej, Batugina I.M. i dr. *Izuchenie geodinamicheskikh uslovij projavlenija gornyh udarov na mestorozhdenii Czinsj v Kitae* (The study of the geodynamic conditions of the manifestations of rock bursts in the field of Jingxi in China), Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten', 2014, no. 7, pp. 247-256.
12. Cjao Czjan'jun, Batugina I.M., Batugin A.S. i dr. *Aktivizacija blokov zemnoj kory pod vlijaniem gornyh robot kak faktor geojekologicheskikh narushenij na shahte Huafjen v Kitae* (Activation blocks of the earth's crust under the influence of mining operations as a factor of environmental violations at the mine Huafan in China), Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten', no 12, 2012, pp. 132-137.

