

Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ И МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 622.831.32:551.24.035

ТЕКТОНОФИЗИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Батугин А.С., д.т.н., проф.,

Горный институт Национального исследовательского технологического
университета «МИСиС»,
г. Москва

Аннотация

Рассмотрены тектонофизические условия проявления горно-тектонических ударов и техногенных землетрясений в горнопромышленных районах, предложена схема механизма Бачатского землетрясения в Кузбассе.

Ключевые слова: горно-тектонический удар, техногенное землетрясение, напряженное состояние, разрывные нарушения, вектор смещения, затопление шахт, Бачатское землетрясение

1. Тектонофизические условия горно-тектонических ударов

К настоящему времени во многих странах мира сформировались горнопромышленные районы с техногенной сейсмичностью, которая превратилась в важный фактор экономического, экологического, социального благополучия регионов [1-5].

Считается, что ведение горных работ создает условия для концентрации напряжений, что вызывает динамические подвижки по нарушениям (горно-тектонические удары), направления которых связаны с техногенным полем напряжений [6, 7 и др.]. Однако материалы изучения деформаций в очагах горно-тектонических ударов показывают, что направление подвижек по крупным нарушениям соответствует не техногенному полю напряжений, а региональному тектоническому полю напряжений, характерному для нетронутого массива [8]. Это объясняется тем, что размеры блоков, где идет подготовка горно-тектонического удара, намного превышают размеры области, в которой ориентация осей напряжений изменена в результате ведения горных работ. В этом случае именно региональное поле напряжений управляет направлением смещения по внутриблочным нарушениям.

При ведении горных работ разгрузка, захватывая смесятили нарушений, приводит к уменьшению нормального сжатия их крыльев, что приводит в итоге срыву блоков пород по смесятиелю под действием регионального поля напряжений. Такой срыв, по сравнению с нетронутым массивом, облегчается также и тем, что одно из крыльев нарушения может

Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ И МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

сместиться в сторону выработанных пространств [9].

2. Тектонофизические условия землетрясений при затоплении шахт

Массовое затопление шахт в России, ЮАР, Индии, Чехии и других странах вызвало повышение сейсмической активности районов расположения затапливаемых шахт. В разных странах исследователи связали это с активизацией тектонических нарушений, которая была обусловлена повышившимся давлением воды в их сместителях [3, 10-12]. Растущее давление воды в плоскостях сместителей разрывных нарушений снижает нормальное сжатие их крыльев, что приводит к толчкообразному смещению одного из них в сторону выработанного пространства под действием касательных напряжений.

На основе подхода к оценке опасности нарушений [13] для затапливаемых шахт возможно выделить наиболее опасные дизъюнктивы и оценить глубину опасного подъема воды. Так, на поле шахты Анжерская, через два года после начала ее затопления произошли землетрясения с магнитудой 2,7. Анализ ориентировки сместителей шахты Анжерская в поле современных напряжений показывает, что все нарушения, за исключением крутопадающих запад-северо-западного простирания, расположены в плоскостях, близких к площадкам максимальных касательных напряжений, т.е. благоприятно для развития по ним смещений при снижении контакта между крыльями из-за заполнения сместителей водой.

Оценка избыточных напряжений сдвига, действующих вдоль сместителей при подъеме уровня воды в шахте на несколько сотен метров показывает, что они могут достигать 12-18 МПа, что достаточно для толчкообразного деформирования массива, нарушенного ведением горных работ [14].

3. К механизму Бачатского землетрясения

Землетрясение с магнитудой 5,6, произошедшее вблизи углеразреза Бачатский, относят к крупнейшим техногенным землетрясениям [15]. Можно предположить, что механизм данного землетрясения также связан с подвижками крыльев крупных нарушений, которые оказались разгруженными от нормального сжатия в результате ведения горных работ (образования карьерной выемки), рис. 1

Такие нарушения, как Тырганский, Салаирский, Бачатский взбросы имеют падение на юго-запад под углами 30-50 градусов и формируют чешуйчатое строение района. Висячее крыло Тырганского надвига приподнято в современном рельефе. Кроме того, по геологическим данным (Агеенко Н.Ф.) по линии рек Аламбай-Бачат прослеживается глубинный поперечный к простиранию угленосных пород крупный разлом земной коры, который на карте геодинамического районирования выделяется как

Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ И МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

региональный левый сдвиг II-II [16, с. 84] с простиранием 50° , северо-западное крыло которого поднимается относительно юго-восточного. С учетом направлений относительного смещения крыльев левого регионального сдвига II-II и взбросового смещения висячего крыла Тырганского взброса по методу [17] можно определить направление регионального сжатия в данном районе Кузбасса: ЮЮЗ – ССВ. Для Ленинск-Кузнецкого района Кузбасса в работе [18] была получена северо-западная ориентировка оси современного максимального сжатия. По данным из работы [15] ориентировка осей максимального сжатия в очагах афтершоков Бачатского землетрясения характеризуется положением оси максимального сжатия также в северо-западном направлении.

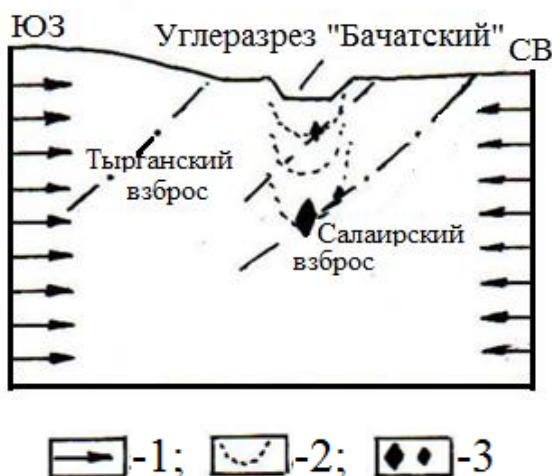


Рис. 1. Схема возможного механизма Бачатского землетрясения: 1 - ориентировка максимального сжатия в регионе; 2 – предполагаемые контуры зоны разгрузки массива за счет образования карьерной выемки; 3 – гипоцентры главного толчка и афтершоков

В этих региональном и локальном полях напряжений на смеcтителях крупных взбросов возникают касательные напряжения, стремящиеся сдвинуть их висячие крылья вверх. Однако в обычных условиях действующих напряжений для этого недостаточно, т.к. смеcтители зажаты горным давлением. В результате формирования карьерной выемки глубиной более 350 м и длиной до 10 км по простиранию произошло снижение нормального сжатия полого наклонных смеcтителей взбросов, что при сохранении горизонтального сжатия могло привести к толчкообразному смещению их висячих крыльев вверх, что и вызвало землетрясение и последующие афтершоки.

Таким образом, механизмы горно-тектонических ударов в шахтах,

Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ И МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

землетрясений при затоплении шахт, техногенных землетрясений на карьерах имеют общие черты. Эти динамические явления возникают при подвижках крыльев крупных тектонических нарушений в направлении касательных напряжений на их смесятелях, создаваемых региональным полем напряжений, при снижении нормального сжатия крыльев, обусловленного техногенным воздействием.

Список литературы:

1. Яковлев Д.В., Лазаревич Т.И., Цирель С.В. Генезис и развитие природно-техногенной сейсмичности Кузбасса // Уголь. - 2013.-№10.- С.53-59.
2. Зыков В.С. Техногенная геодинамика. Учебное пособие. Кемерово. 2006
3. Goldbach O.D. Seismic risks posed by mine flooding/Hard rock safe safety conference. Pretoria. 2009. P.149-174.
4. Батугин А.С., Алферова А.С. Геодинамическая опасность как разновидность экологической опасности. ГИАБ. 2011. Отдельный выпуск №8 «Экология, метанобезопасность». С. 297-304.
5. Игнатов Ю.М. Совместное использования горно-геометрических данных и цифрового маркшейдерского плана в геоинформационной системе для поиска опасных зон. Вестник КузГТУ. – 2010. - № 1. – С. 139-143
6. Ермаков Н.И. Инициирование тектонических деформаций как причина разрушения подработанной толщи пород // ГИАБ, 2005, № 8. С. 150-156.
7. Suckale J. Induced seismicity in hydrocarbon fields/ Advances in Geophysics, vol. 51, chapter 2. 2009. P. 55-106.
8. 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.
9. Батугин А.С. К механизму горно-тектонических ударов / Дополнительный сборник «Международная конференция «Эффективная и безопасная подземная добыча угля на базе современных достижений геомеханики». Л.: ВНИМИ. 1996. С. 97-101.
10. Srinivasan,C., Benady,S. and Sivakumar,C., Fluid Induced Seismicity in the Colar mine region/Dam safety, including Instrumentation of Dams. Thiruvananthapuram, 2000.
11. Батугин А.С., Климанова В.Г. Оценка влияния глубины затопления ликвидируемых шахт на повышение геодинамической опасности. Деформирование и разрушения материалов с дефектами и динамические

Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ В ГОРНОМ ДЕЛЕ И МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

явления в горных породах и выработках. Симферополь, 2000. С. 26-27.

12. Холуб К. О реакции массива на сокращение добычи угля//ФТПРПИ, 2006.№1. С.18-30.

13. Батугин А.С. К механизму проявления подвижек по сместителям нарушений при горно-тектонических ударах / Горное давление, горные удары и сдвижение массива: Сб.научн.тр. – Л.: ВНИМИ. – СПб., 1994. С. 157-160.

14. Батугин А.С. К механизму землетрясений 25.04.1997 и 27.04.1997 на севере Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень, № 2.—2006. - С. 185—189.

15. Еманов А.Ф., Еманов А.А., Фатеев А.В., Лескова Е.В. Техногенная сейсмичность Кузбасса/Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы четвертой тектонофизической школы-семинара.- М.: ИФЗ, 2015. Т1. С.108-111.

16. Батугина И.М., Петухов И.М. Геодинамическое районирование месторождений при строительстве и эксплуатации рудников. М.: Недра. 1988. – 166 с.

17. Батугин А.С. О методе реконструкции направлений главных напряжений в массиве пород /Геодинамика месторождений. Кемерово, 1988, с. 73-78.

18. Батугин А.С., Лазаревич Т.И. Напряженно-деформированное состояние и особенности блочного строения некоторых шахтных полей Кузбасса/Совершенствование способов разработки удароопасных месторождений: Сб. науч. тр. Л.: ВНИМИ. - СПб., 1986. С.34-38.