
© Цяо Цзяньюн, И.М. Батугина,
А.С. Батугин, Сунь Чуньцзян,
Ань Бо-и, Чжао Цзинли,
Ван Чжицян, Юй Лицзян, 2012

УДК 622.831, 550.84

**Цяо Цзяньюн, И.М. Батугина, А.С. Батугин, Сунь Чуньцзян,
Ань Бо-и, Чжао Цзинли, Ван Чжицян, Юй Лицзян**

**АКТИВИЗАЦИЯ БЛОКОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ
ПОД ВЛИЯНИЕМ ГОРНЫХ РАБОТ КАК ФАКТОР
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ НА ШАХТЕ
ХУАФЭН В КИТАЕ**

На основе результатов геодинамического районирования шахты Хуафэн в Китае рассмотрен механизм и причины повышенной удароопасности северо-восточного фланга шахтного поля и образования зияющих трещин на поверхности. Раскрытие трещин длиной в десятки и сотни метров на величину до 1 м и более происходит в зоне границы блоков II ранга — ветви Маншанского разлома, к которому под острым углом движется фронт горных работ. Раскрытие и рост трещин в зоне сдвижения 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 вызывают сотрясение массива, что, в свою очередь, способствует дальнейшему развитию трещин и еще большей потере контакта подрабатываемого блока с массивом. Горное давление повышается, происходит горный удар и весь цикл повторяется. Раскрытие причин повышенной удароопасности и появления протяженных трещин на поверхности открывает путь к обоснованию профилактических мероприятий по повышению безопасности ведения горных работ и снижению влияния шахты на окружающую среду.

Ключевые слова: горный удар, сдвижение, трещина, геодинамическое районирование, геодинамическая безопасность, геоэкология.

Шахта Хуафэн, расположенная в провинции Шаньдун, является одной из наиболее глубоких и удароопасных шахт Китая. Шахта разрабатывает угольный пласт 4 мощностью 6 метров на глубинах 1000—1200 метров. Угол падения пласта 32°. Горные удары стали отмечаться при разработке пласта 4 с апреля 1990 г. К середине 2010 г. на шахте произошло 924 горных удара, т.е. в среднем каждую неделю происходит горный удар. Сильные горные удары ощущаются на поверхности как землетрясения с магнитудой до 2,9. В последнее время на северо-восточном фланге шахтного поля сформирова-

лась удароопасная зона, горные удары в которой происходят как при проходке подготовительных выработок, так и при ведении очистных работ. В центральной и западных частях шахтного поля при такой же глубине разработки горных ударов происходит значительно меньше.

Для борьбы с горными ударами и их профилактики на шахте применяется разработка защитного пласта 6, сотрясательное взрывание, воздействие на физико-механические свойства пласта 4. Контроль за проявлением динамических явлений ведется непрерывно с помощью сейсмостанции. Несмотря на принимаемые меры, с



Рис. 1. Фрагмент трещины на поверхности шахтного поля

ростом глубины разработки отмечается увеличение энергетического класса сейсмических событий. Так, в 2010-2012 гг на шахте ежегодно произошло несколько горных ударов с энергией 10^6 и 10^7 Дж.

Кроме сильных горных ударов на шахте наблюдаются процессы аномального сдвижения горных пород. В 2004-2006 годах на поверхности шахтного поля стали отмечаться фрагменты раскрытых трещин протяженностью до 10 метров. К 2008 году процесс образования трещин усилился и на поверхности стали возникать протяженные трещины с раскрытием более метра и видимой глубиной до 20 м, рис. 1. Один из фрагментов трещины проявился на берегу притока реки Сяовэйхэ, что вызвало увеличение притока воды в горные выработки. Большой ущерб процессами сдвижения был нанесен поселку на поверхности шахтного поля. Стены многих домов оказались поражены раскрытыми до 10 см трещинами. Поселок выселен, а для его жителей

силами шахты возводится новый жилой район.

В июле 2012 года шахта получила разрешение на увеличение горного отвода, что открывает возможность повышения глубин разработки до 1500 м. В этих условиях вопросы профилактики геодинамических явлений и геологическая оценка их последствий приобретают еще большую актуальность и значение. В 2010-12 гг группой российских и китайских специалистов на шахте Хуафэн были проведены работы по геодинамическому районированию.

Результаты геодинамического районирования поля шахты Хуафэн. В глобальном плане поле шахты Хуафэн расположено вблизи пересечения двух крупнейших разломов Китая: разлома Тан-Лу и разлома Кунь-Лунь. На карте геодинамического районирования эти разломы являются границами блоков I ранга, что указывает на их подвижность и активность в настоящее время. По наблюдениям китайских ученых разлом Тан-Лу прослеживается с северо-востока Китая до широты 30 градусов и изменяет свою кинематику с правого сдвига на левый сдвиг. По данным геодинамического районирования разлом Тан Лу протягивается еще дальше на юг Китая, до широты 25 градусов. Разлом Кунь-Лунь субширотного простирания, является взбросо-сдвигом, на следует критическую широту 35 градусов. Широта 35 градусов признается критической из-за планетарных деформаций Земли. Эта широта раз-

деляет два слоя внутреннего строения Земли по плотности: слой нижней мантии и зону внешнего ядра. Этим широте соответствуют, согласно исследованиям И.М. Батугиной, Б. Гутенберга, Г.Н. Катерфельда, К. Рихтера, М.В.Стоваса, повышенная удароопасность месторождений, наибольшая сейсмичность, точки перегиба и разориентированности воздушных течений [1].

Блочное строение шахтного поля представлено на рис. 2. Поле шахты находится в одном блоке 2 ранга. На севере шахтного поля проходит граница блоков 2 ранга 1-1, которая имеет азимут простирания 310-320 градусов. Эта граница прослеживается в рельефе к юго-востоку от шахтного поля и совмещается с Маншанским разлом. Маншанский разлом проходит по подножию Маншанского хребта и описан в китайской геологической литературе. Например, он обозначен на тектонической схеме провинции Шаньдун в «Атласе динамики литосферы Китая» [2]. Также он показан к юго-востоку от шахтного поля на тектонической схеме месторождения. К юго-востоку от шахтного поля Маншанский разлом установлен достоверно, а к северо-западу, к району шахты, показан как предполагаемый. По данным геодинамического районирования можно полагать, что след этого разлома или одна из его ветвей продолжается в массиве на северо-запад до реки Тавэй Хэ. Нами про-

ведены полевые работы на поверхности шахты и к юго-востоку от нее в зоне границы блоков 1-1. Можно отметить следующие характерные особенности проявления этого разлома в массиве пород.

С севера от шахтного поля граница блоков 1-1 фиксируется по уступу террасы реки Сяовэйхэ и спрямленному участку ее русла. Азимут простирания — 300-310 градусов. Именно в зоне этой границы блоков, уже попавшей в область сдвижения, в настоящее время отмечается возникновение протяженных раскрытых трещин. Строение трещин фрагментарное, на планах горных работ фрагменты проявившихся трещин соединяют сплошной линией, ориентированной по азимуту 280-290 градусов, в соответствии с ориентировкой фронта горных работ. Однако фрагменты трещин имеют ориенти-

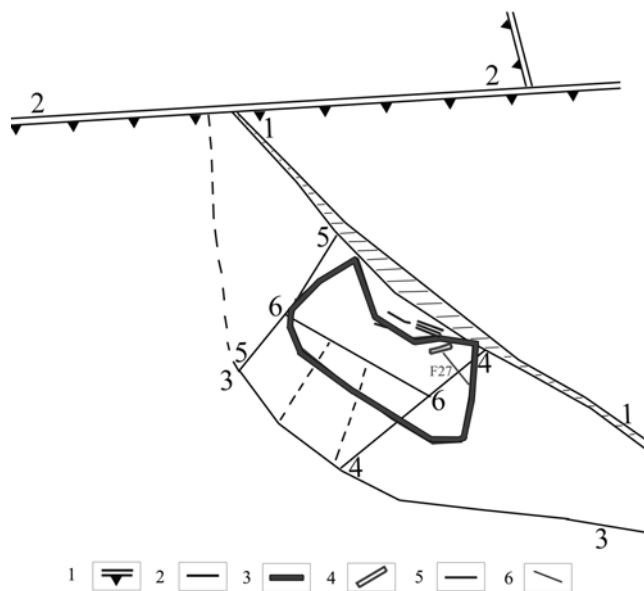


Рис. 2. Схема блочного строения района шахты Хуафэн. 1 – граница 3-го ранга; 2 – граница 4-го ранга; 3 – граница шахты; 4 – удароопасная зона; 5 – трещины на поверхности; 6 – нарушение F-27

ровку 300-310 градусов, что отчетливо видно (рис. 3).

Полевые исследования в 40 км к юго-западу от шахтного поля показали, что вдоль трассы разлома (азимут 315 градусов) наблюдается протяженный овраг глубиной до 5 метров с вертикальными уступами высотой до 3 метров и скальными обнажениями в бортах. В скальных обнажениях зафиксирована система крутопадающих трещин с простиранием 320-330 градусов.

Полевые исследования на карьере строительных материалов также показали, что в массиве имеются хорошо развитые крутопадающие трещины с простиранием 310-315 градусов. Более мелкие границы блоков VI-V рангов фиксируются на шахтном поле в овражной и арычной сети.

Таким образом, можно сделать вывод, что граница блоков 1-1 (Маншанский разлом) выражена в рельефе подножием склонов, протяженными оврагами с субвертикальными бортами, спрямленными участками русла реки Сяовэйхе. В массиве разлом выражен как система трещин с простиранием 310-320 градусов. При сдвиге горных пород трещины этой системы активизируются и участвуют в процессе сдвига.

Подработка массива и возникновение удароопасной ситуации. Анализ планов горных работ показывает, что глубокие раскрытые трещины на поверхности шахтного поля появляются в зоне растягивающих деформаций мульды сдвига, впереди фронта горных работ, ориентированы по простиранию. Процесс образования трещин усилился в последние годы, особенно начиная с 2008 г. Отдельные короткие трещины за-

фиксированы на шахтном поле в 2004 году. До 2003 года разработка пласта 4 мощностью 6 м велась слоями (3 слоя) с интервалом между отработкой слоев 1-1,5 года. После 2003 года отработка пласта 6 ведется на полную мощность. Скорость пододвигания забоя составляет 1.5-2 м в сутки. Со сменой технологии ведения горных работ на шахте связывают активизацию процесса образования трещин.

По данным геодинамического районирования видно (рис.2), что начиная с этого же времени и особенно после 2006 года, границы мульды сдвига придвинулись к северной границе шахтного поля и мульда оказалась в области влияния границы блоков 1-1. Строение трещин, как уже указывалось, фрагментарное, с ориентировкой фрагментов по простиранию разлома. Это указывает на связь процесса сдвига и ориентировки естественных трещин в массиве. Угол между движением фронта горных работ и простиранием разлома 1-1 составляет всего 15-20 градусов. Наблюдается раскрытие трещин на 1 м и более приводит к выводу, что из-за высокой прочности мощной толщи (до 700 м) конгломератов в верхней части разреза горизонтальные деформации локализуются на ослабленном участке — вдоль границы блоков 1-1, что приводит к относительному смещению блоков и образованию протяженных трещин на земной поверхности.

Оживление и раскрытие трещин вдоль границы блоков 1-1 приводит к уменьшению контакта блоков и смещение подработанного блока по трещинам вызывает рост горного давления. Рост горного давления способствует



Рис. 3. Фрагменты трещин на поверхности шахтного поля: 1 — ориентировка зоны развития трещин (280 градусов); 2 — ориентировка фрагментов трещины (300—310 градусов)

проявлению горных ударов. Сильнейшие горные удары (10^6 - 10^7 Дж) вызывают сотрясения и вибрации массива, что вызывает дальнейшее развитие трещин. В результате подработанный блок еще больше отделяется по разлому 1-1 от соседнего блока и пригружает область ведения горных работ. Горное давление повышается, происходят горные удары. Горные удары провоцируют интенсивный рост трещин и дальнейшее смещение блоков по границе 1-1, что увеличивает горное давление в области ведения горных работ и повышает опасность горных ударов. Таким образом, масштабное ведение горных работ приводит процессы сдвижения, функционирования разлома 1-1, накопление и разрядка напряжений в массиве оказываются увязанными между собой, что обуславливает высокую удароопасность при ведении горных работ и отрицательно сказывается на геозкологической обстановке.

Наиболее крупная удароопасная зона на шахте возникла на замыкании дизъюнктива F-27, расположенного в зоне границы блоков 1-1 и ориентированного вдоль нее (Рис. 2). Нарушение F-27 можно рассматривать как геологическое (тектоническое) выражение границы 1-1 на данном участке шахтного поля. По результатам горных работ установлено, что нарушение F-27 затухает, не доходя до разрабатываемой лавы.

Поскольку нарушение F -27 — часть разлома 1-1, то в месте его затухания образуется тектонически напряженная зона, т. е. зона повышенных напряжений в горном массиве. В связи с этим в лаве наблюдается высокая удароопасность (рис. 4).

Таким образом, на шахте Хуафэн отмечается явление взаимодействия блоков земной коры, разделенных разломом 1-1. Подработанный южный блок смещается, образуя широко раскрытые трещины на поверхности и пригружая область ведения горных работ, способствуя проявлению горных ударов.

Имеющаяся на шахте сейсмическая станция позволяет регистрировать сейсмические события от 10^2 - 10^3 Дж в районе ведения горных работ, что важно для нужд текущего контроля и прогноза удароопасности. Однако для прогноза горно-тектонических ударов необходимо знать также распределение сейсмических толчков вне зоны ведения горных работ, особенно вблизи крупных тектонических нарушений.

Для снижения геозкологического воздействия шахты на окружающую среду и повышения безопасности от-

работки необходимо внедрить мероприятия, снижающие взаимодействие процессов сдвига с границами блоков. Такими мероприятиями могут быть:

- увеличение угла между фронтом движения горных работ и геодинамически активными разломами. Кроме 1—1 это может быть также разлом 2—2, проходящий на востоке шахтного поля;

- ведения горных работ с закладкой или частичной закладкой выработанного пространства;

- расширение сети сейсмических павильонов для регистрации толчков, происходящих в глубине массива и по всей площади шахтного поля. Внедрение системы обработки сейсмических сигналов, позволяющей устанавливать направление подвижки по тектоническим нарушениям при горных ударах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батугина И.М., Петухов И.М. Геодинамическое районирование при разработке и эксплуатации рудников. — М.: Недра. 1988.
2. *Lithospheric dynamics atlas of China*. Beijing. 1989. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Цяо Цзяньюн — ректор,

Чжао Цзинли — профессор,

Китайский горный университет,

Батугина И.М. — доктор технических наук, профессор, научный руководитель Центра геодинамики недр,

Батугин А.С. — доктор технических наук, директор Центра геодинамики недр,
as-bat@mail.ru

Юй Лицзян — аспирант, Центр геодинамики недр,

Московский государственный горный университет, ud@msmu.ru,

Сунь Чуньцзян — зам. директора угольной компании Син-Вен,

Ань Бо-и — зам. директора шахты Хуафэн.

