

УДК [622.1:551.252] 001.24

*А.В. Кузнецов, Е.М. Боровская, М.В. Шванкин, О.А. Иванова,
М.В. Никулин*

**УЧЕТ ВЛИЯНИЯ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ НАРУШЕННОСТИ
ПРИ ОТРАБОТКЕ УДАРООПАСНОГО ПЛАСТА ВЕРХНИЙ
НА РУДНИКЕ «БАРЕНЦБУРГ»**

Семинар № 8

Баренцбургское угольное месторождение находится на острове Западный Шпицберген.

В геологическом строении месторождения принимают участие меловые, третичные и четвертичные отложения. Месторождение расположено на северо-западном крыле большой синклинали складки. Залегание горных пород и угольных пластов спокойное и изменяется в пределах 5–15°. Моноклиналиное залегание угленосной толщи осложнено разрывными Тибилев Д.П. тектоническими нарушениями сбросового типа.

В настоящее время на месторождении разрабатывается пласт Верхний, опасный по горным ударам. По опыту отработки пласта установлено влияние тектонической нарушенности на удароопасность, выражающееся в возрастании степени удароопасности в зонах влияния разрывных нарушений (26.27 северные, 27 и 28 южные лавы).

Для планирования горных работ и профилактических мероприятий возникает задача прогноза тектонической нарушенности. характер развития и затухания нарушений по простиранию и падению пласта, установления параметров зон влияния нарушений и выполнения геологического прогноза опасных зон, связанных с этими нарушениями.

Достаточно простое геологическое строение рассматриваемого участка, представляющего собой крыло синклинали складки с пологим (10–15°) моноклиналиным залеганием угленосной толщи, осложнено серией малоамплитудных разрывов со смещением крыльев от десятков сантиметров до первых метров.

Тектоническая нарушенность участка имеет свои особенности, осложняющие горнотехнические условия отработки пласта Верхний.

Разрывные нарушения сбросового типа группируются в тектонические зоны (рис.1), разбивая массив на естественные блоки, на границах которых имеются ослабленные зоны, совпадающие пространственно с зонами влияния нарушений.

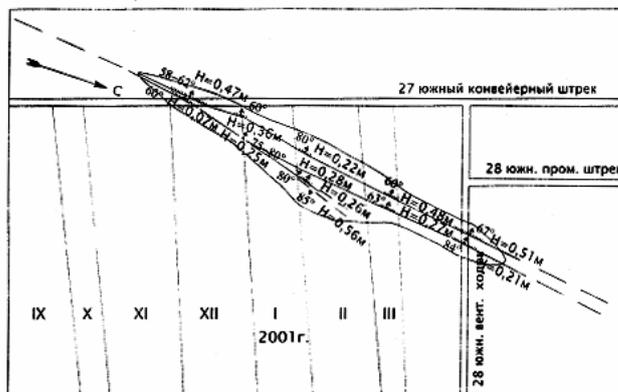
К зонам влияния разрывных нарушений относится область массива горных пород, примыкающих к сместителю, в пределах которой в результате тектонических деформаций под действием напряжений происходят изменения физико-механических, технологических, структурных и других свойств пород.

Вблизи разрывных нарушений отмечают устойчивое изменение следующих факторов: прочности угля и вмещающих пород, физико-механических свойств угля, напряженности массива пород, конвергенции кровли (почвы) горных выработок, трещиноватости угля и вмещающих пород.

Многолетними исследованиями ВНИМИ доказано, что по каждому из перечисленных факторов может быть выделена собственная зона влияния, причем ширина каждой зоны будет разной в зависимости от масштаба нарушения (главным образом его амплитуды). Исходя из этого, ширину зон влияния можно рассматривать как показатель количества энергии, затраченной на образование разрыва, деформацию пород и другие преобразования их свойств. Для каждой из зон установлены количественные зависимости между шириной зон влияния дизъюнктивов и их амплитудой [1].

Тектоническая зона представляется единым телом в массиве горных пород и является самостоятельной структурной единицей, для характеристики которой могут быть использованы следующие ее параметры: протяженность

Рис. 1. Параметры тектонической зоны в 28 южной лаве пласта Верхний



по простиранию, мощность (ширина) зоны, амплитуда смещения.

Для оценки амплитуды (величины) смещения используют понятие суммарной амплитуды, представляющей собой сумму абсолютных величин амплитуд всех имеющих нарушения в зоне.

Зависимость ширины тектонических зон от амплитуды слагающих их нарушений целесообразно рассчитывать с учетом их строения. Для характеристики зон, сложенных мелкими нарушениями без четкой пространственной связи с крупными дизъюнктивами, что имеет место на пласте Верхний, целесообразно соотносить их ширину (M) с суммарной амплитудой $\sum |N_i|$ всех имеющих в зоне нарушений (рис. 1. 3).

При определении ширины тектонической зоны на плане горных работ за ширину может быть принято расстояние между линиями скрещения крайних нарушений в зоне.

Более правильным представляется учитывать при определении ширины тектонической зоны наличие повышенной трещиноватости, развитой у нарушений. Считая, что ширина зоны трещиноватости составляет 10 нормальных амплитуд N , ширину тектонической зоны M вычислим как сумму расстояния между крайними сместителями в зоне и $10N$ от каждого из крайних нарушений.

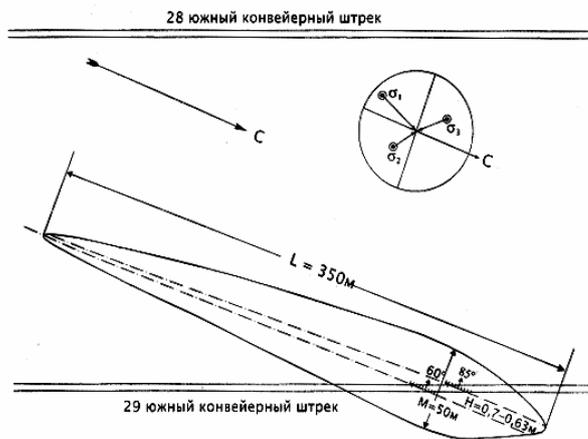
Корреляционный анализ, выполненный на основе использования данных наблюдений, проведенных во многих нарушенных угольных бассейнах, например в Кузнецком, показал наличие определенной зависимости между шириной тектонических зон M и

суммарной амплитудой смещения $\sum |N_i|$.

При определении ширины зон по пласту Верхний участка Собственный использовалась формула [2]:

$$M = 3 + 10,0 |N_i| \quad (1)$$

На рис. 2 показана протяженность и ширина прогнозной тектонической зоны по пласту Верхний в 29 южной лаве и проведен ее контур. Протяженность тектонических зон устанавливалась с учетом затухания амплитуд разрывов. Конечные размеры нарушений определялись из известного соотношения [3]:



- разрывное нарушение, его угол падения и амплитуд
- контур тектонической зоны;
- L - протяженность тектонической зоны;
- M - ширина тектонической зоны;
- $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ - главные нормальные тектонические напряжения.

Рис. 2. Параметры прогнозной тектонической зоны пласта Верхний

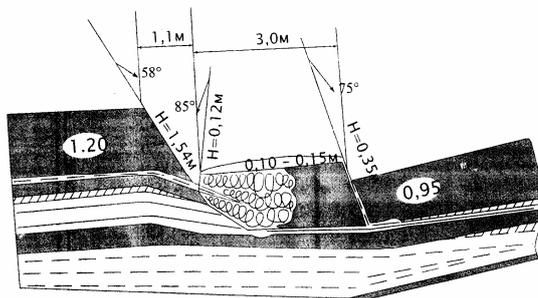


Рис. 3. Характерный пример тектонической зоны

$$R(N) : H : L = 1 : 20 : 60 \quad (2)$$

где N – максимальная амплитуда разрыва; H – высота разрыва; L – протяженность нарушения.

Контуры тектонических зон нанесены в масштабе плана горных работ (1:2000).

Разрывные нарушения сбросового типа на пласте Верхний развиты повсеместно и имеют выдержанное субмеридиональное простирание, обуславливая блочное строение массива.

Сбросы формируют тектонические зоны за счет сближенных малоамплитудных разрывов. Характер тектонических зон однотипен по всем лавам (26–29 южные и северные лавы). Поскольку верхние лавы отработаны, то представляет интерес прогноз тектонических зон для 29 южной лавы, подготавливаемой к отработке, а также условия ведения работ в 28 южной лаве, при которых отработка пласта Верхний в зоне тектонического нарушения была связана с серьезными осложнениями.

Строение тектонических зон хорошо видно на рис. 3. Сместители разрывных нарушений крутопадающие (58 – 85°), амплитуды значительно меньше или сопоставимы с мощностью пласта. Несмотря на небольшую величину смещения крыльев дизъюнктивов (амплитуду) возможны серьезные осложнения при отработке рассматриваемого участка. Причиной этому может служить наличие ослабленных зон вдоль разрывов, сейсмическая и тектоническая активность горного массива и молодой возраст месторождения (мел – начало палеоцена), тектоническое формирование которого приходится на современную альпийскую складчатость.

Пространственная выдержанность простираний разрывных нарушений, сближенный, субпараллельный, кулисообразный характер их

расположения дают возможность предположить о едином, стабильном характере поля тектонических напряжений, в результате которых они образовались.

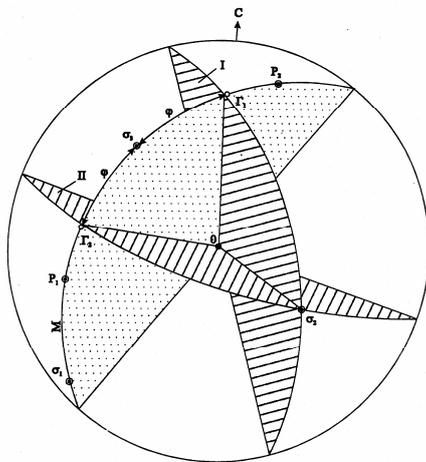
Для реставрации направлений действия главных нормальных тектонических напряжений по пласту Верхний были проанализированы разрывные нарушения по лавам 28

южной и 29 южной. Анализ нарушений проводился на основе построения круговых диаграмм в стереографических проекциях.

В геологической практике широко распространен метод определения ориентировки главных нормальных напряжений, в основе которого лежит известное положение механики горных пород об образовании в условиях объемного напряженного состояния ($\sigma_3 > \sigma_2 > \sigma_1$) пары сопряженных поверхностей скалывания, расположенных под углом скалывания γ ($\gamma < 45^\circ$) по отношению к оси максимальных сжимающих напряжений σ_3 . На основании этой закономерности выделяются сопряженные пары трещин или сместителей разрывных нарушений, которые анализируются с помощью геометрических методов [3].

По данной методике произведена реставрация ориентировки осей напряжений.

По известным элементам залегания (рис. 4) сопряженных сместителей I (Аз.п. $265^\circ \angle 60^\circ$) и II (Аз.п. $15^\circ \angle 75^\circ$) на сетке построены проекции двух плоскостей. Линия пересечения (скрещения) этих плоскостей является осью средних нормальных напряжений σ_2 . Совместив ось σ_2 с горизонтальным диаметром сетки, проводим через полюсы сопряженных сместителей P_1 и P_2 плоскость (плоскость перемещения M), в которой лежат оси σ_3 и σ_1 , а также направления действительного перемещения Γ_1 и Γ_2 , совпадающие с линиями пересечения плоскости M с соответствующими сместителями I и II. Разделив дугу $\Gamma_1 \Gamma_2$ пополам, получим проекцию оси σ_3 . При известном положении оси σ_3 легко определить положение оси σ_1 . Для этого достаточно отсчитать по дуге плоскости M от ания γ . Имея проекции осей σ_3 , σ_2 и σ_1 , определяем их пространственное положение – азимут и угол восстания: ось σ_3 – Аз.п. $138^\circ \angle$



I, II - сместители тектонических нарушений;
 φ - углы скалывания;
 OG, OG' - направления перемещения крыльев нарушений;
 M - плоскость перемещения крыльев;
 P, P' - полосы сместителей;
 σ₁, σ₂, σ₃ - проекции главных нормальных напряжений.

35°. ось σ_2 - Аз.п. $30^\circ \angle 50^\circ$. ось σ_1 - Аз.п. $48^\circ \angle 5^\circ$.

На рис. 5 приведена диаграмма полюсов тектонических нарушений по пласту Верхний в пределах 28 южной и 29 южной лав. Отдельным условным знаком (точка в треугольнике) выделен полюс проблематичного Холлендардаленского разлома. По мнению геологоразведчиков (отчеты 1963, 1976, 1979, 1981, 1982 гг.) предполагается или отвергается существование самого разлома. Наличие разлома устанавливается по косвенным признакам: морфологическим и гидрогеологическим. Сторонники существования разлома предполагают его меридиональное простирание, крутое западное падение, предположительная амплитуда по разным источникам от 30–40 до 100 м. На плане горных работ по пласту Верхний нанесено прогнозное положение разлома. Анализ полюсов разломов на круговой диаграмме (рис. 5) показывает, что ряд малоамплитудных нарушений располагается параллельно Холлендардаленскому разлому. т.к. их полюса расположены на диаграмме рядом с полюсом этого разлома. Это может быть свидетельством генетической связи между крупными и мелкими нарушениями, т.к. кроме сопряженных нарушений могут быть нарушения расположенные параллельно «главному» нарушению [3], что говорит о едином региональном плане тектонического поля напряжений.

Рис. 4. Реставрация направления действия главных нормальных тектонических напряжений

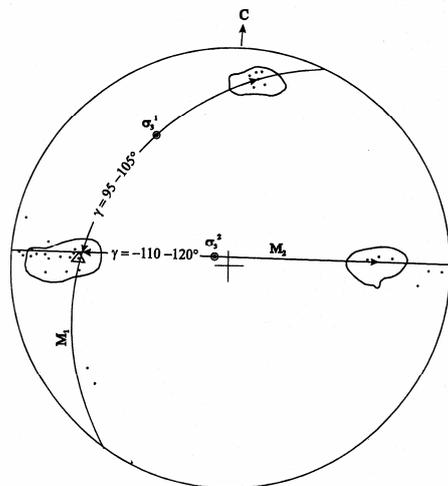
Кроме того, выявлены и сопряженные нарушения, полюса которых обведены контуром (рис.5). Угловые соотношения между полюсами сопряженных нарушений, установленные по выше описанной методике, позволили реставрировать направления действия максимальных сжимающих напряжений σ_1^1 и σ_3^2 (рис. 5).

Сравнивая рис. 4 и рис. 5 можно видеть, что направления действия σ_3 и σ_3^1 практически совпадают. Направление действия σ_3^2 по азимуту близко к направлению σ_3 и σ_3^1 , но ось σ_3^1 гораздо круче, почти вертикальна. Это можно объяснить перераспределением направлений главных нормальных напряжений за счет образования нового нарушения.

Редкая разведочная сеть не позволяет дать однозначного ответа о существовании или отсутствии Холлендардаленского или других крупных разломов.

Однако нельзя исключать возможности вскрытия достаточно крупных нарушений с амплитудами 50 и более метров и сопряженных с ними малоамплитудных нарушений. Это подтверждается рядом причин. Во-первых, пространственная выдержанность ориентировки вскрытых малоамплитудных нарушений, формирующих тектонические зоны – все они ориентированы субмеридионально. Во-вторых, наличие сопряженных сместителей, позволивших установить локальные поля напряжений в тектонических зонах. Учитывая субпараллельность в расположении тектонических зон и однотипность (крутые сбросы) нарушений, можно предположить, что и региональный план поля тектонических напряжений будет идентичен, т.е. направление действия главных сжимающих напряжений (σ_3) будет юго-восточным (Аз.п. $130-150^\circ \angle 30-40^\circ$).

Определение положений осей напряжений показывает, что ось σ_3 располагается повсеместно полого ($30-40^\circ$), что характерно для сбросо-сдвигов, ось σ_2 располагается диа-



Условные обозначения:
 Δ - полюс Холлендардленского разлома;
 ⊙ - контур полюсов сопряженных разрывов;
 M₁, M₂ - плоскости перемещения крыльев нарушений;
 γ - угол между сопряженными нарушениями;
 P₁, P₂ - полюса сместителей;
 σ₁¹, σ₁² - наибольшие сжимающие напряжения.

гонально или поперечно к простиранию угленосной толщи, ось σ_1 субгоризонтально и направлена по простиранию угленосных пород.

Структура описываемого месторождения возникла благодаря деформации поперечного изгиба, происшедшего при подобной ориентировке осей главных нормальных напряжений и приведшего к образованию систем сбросовых разрывных нарушений, расположенных диагонально или поперечно к простиранию угленосных пород. Это согласуется с многолетними наблюдениями, проведенными в других угольных бассейнах [3].

Рис. 5. Геометрическое соотношение полюсов малоамплитудных нарушений и прогнозного Холлендардленского разлома

Учитывая структурно-тектонические особенности строения описываемого участка, можно прогнозировать на вновь вскрываемые горизонты и нарезаемые лавы достаточно неблагоприятные горно-геологические условия.

С углублением горных работ тектоническая нарушенность вероятно будет расти, т.к. они будут приближаться к замковой части синклинали, где интенсивность тектонической нарушенности выше.

Неблагоприятным является и диагональное расположение тектонических нарушений относительно угленосной толщи, а фронт работ развивается по простиранию пласта. Характер ориентировки вновь вскрытых нарушений будет такой же, как и вскрытых, так как структурный план и ориентировка напряжений будет иметь стабильный характер.

Дополнительную сложность при отработке создадут мощные слои труднообрушаемых песчаников в кровле пласта Верхний.

Учитывая естественную блочность массива за счет расчленения его разрывами и приуроченность геодинамических явлений к тектоническим зонам (26, 27 северные, 28 южная лавы), при раскройке шахтного поля и планировании новых лав необходимо с учетом данных геологического прогноза предусматривать дополнительные профилактические мероприятия и соответствующую данным условиям технологию работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Любич Г.А., Никулин М.В., Крутин В.Е., Панфилов А.Л. Изучение и прогноз параметров зон влияния разрывного нарушения на основе использования геологических и геофизических методов. – Л.: ВНИМИ. 1988. с. 104–109.
2. Любич Г.А., Мишин Н.И., Панфилов А.Л. Методы изучения и оценки тектонической нарушенности уголь-

- ных пластов при механизированной их отработке. – Л.: ЛГИ, 1999, с.12–14.
3. Гарбер И.С., Григорьев В.Е., Дулак Ю.Н. и др. Разрывные нарушения угольных пластов (по материалам шахтной геологии). – Л.: Недра, 1979.

Коротко об авторах

Кузнецов А.В., Боровская Е.М., Иванова О.А. – инженеры,
 Шванкин М.В., Никулин М.В. – кандидаты технических наук,
 ВНИМИ