

**СЕМИНАР 1  
ДОКЛАД НА СИМПОЗИУМЕ "НЕДЕЛЯ ГОРНЯКА  
- 2001"  
МОСКВА, МГГУ, 29 января – 2 февраля 2001 г.**

© А.Н. Шабаров, 2001

УДК 622.83.001.57

**А.Н. Шабаров**

**КОНЦЕПЦИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**М**ногие месторождения полезных ископаемых располагаются в регионах современной тектонической активности недр, в которых периодически активизируется влияние разломов земной коры. Происходящие в массиве горных пород природные геодинамические процессы влияют на безопасное состояние подземных выработок и всего горнодобывающего производства. С другой стороны, на состоянии массива горных пород существенно сказываются техногенные воздействия, формируемые выемкой полезных ископаемых. Так, в регионах, ранее считавшихся сейсмически спокойными, при интенсивной эксплуатации недр начинают проявляться геодинамические явления (горно-тектонические удары и внезапные выбросы в подземных выработках, техногенные землетрясения). Если раньше техногенные землетрясения носили, как правило, локальный характер, то в последнее время они стали проявляться с силой до 5–6 баллов по шкале Рихтера и охватывать большие территории. Причем количество этих явлений и масштабы наносимого ими ущерба постоянно возрастают. Например, в Кузнецком бассейне количество техногенных землетрясений и их энергия увеличиваются каждые 5 лет на

12–15 %, а в отдельных районах – до 25 %.

В сложившейся ситуации актуальной является оценка геодинамического состояния и безопасности недр и земной поверхности основных промышленных районов России. Проблему обеспечения геодинамической безопасности при эксплуатации недр можно решать на основе разработанного во ВНИМИ метода геодинамического районирования [1, 3].

К настоящему времени выполнен большой объем работ по выявлению блочной структуры земной коры и активных разломов территорий горнопромышленных регионов России. Прежде всего, это относится к регионам разработки угольных месторождений (Кузнецкий, Партизанский и Печорский угольные бассейны) и рудных (Североуральские и Южноуральские месторождения бокситов, апатитов на Кольском полуострове, полиметаллов в Норильске и железных руд в Таштаголе), а также нефтяных месторождений Удмуртии, Татарстана и Пермской области.

Проведение геодинамического моделирования является необходимым условием изучения и обоснованного прогноза динамических явлений при разработке месторождений. Геодинамические модели включают разнообразные данные по структуре и свойствам массива горных пород. В целом геодина-

мическая модель месторождения включает комплекс данных, отражающих геологические, но физико-геологические особенности исследуемого региона, а также техногенное воздействие на НДС логической среды в процессе работки пластовых залежей лезного ископаемого.

Концептуальный подход к геодинамическому моделированию месторождений заключается в последовательном наращивании информации по структуре, свойствам и геодинамическому состоянию массива горных пород. Информационный комплекс включает данные по скому и структурно-тектоническому строению рождений, результаты выделения активных разрывов и блочной структуры, НДС массива горных пород и участки локализации тонически напряженных зон, оценке техногенного воздействия на НДС и свойств массива при разработке месторождений. Практически для достижения конечной цели необходима разработка трех типов моделей: блочной (геолого-геометрической), геодинамической и, как конечный результат, горно-геодинамической модели месторождения (шахтного поля или его участка). Принципиальная схема последовательности геодинамического моделирования месторождений приведена на рис. 1.

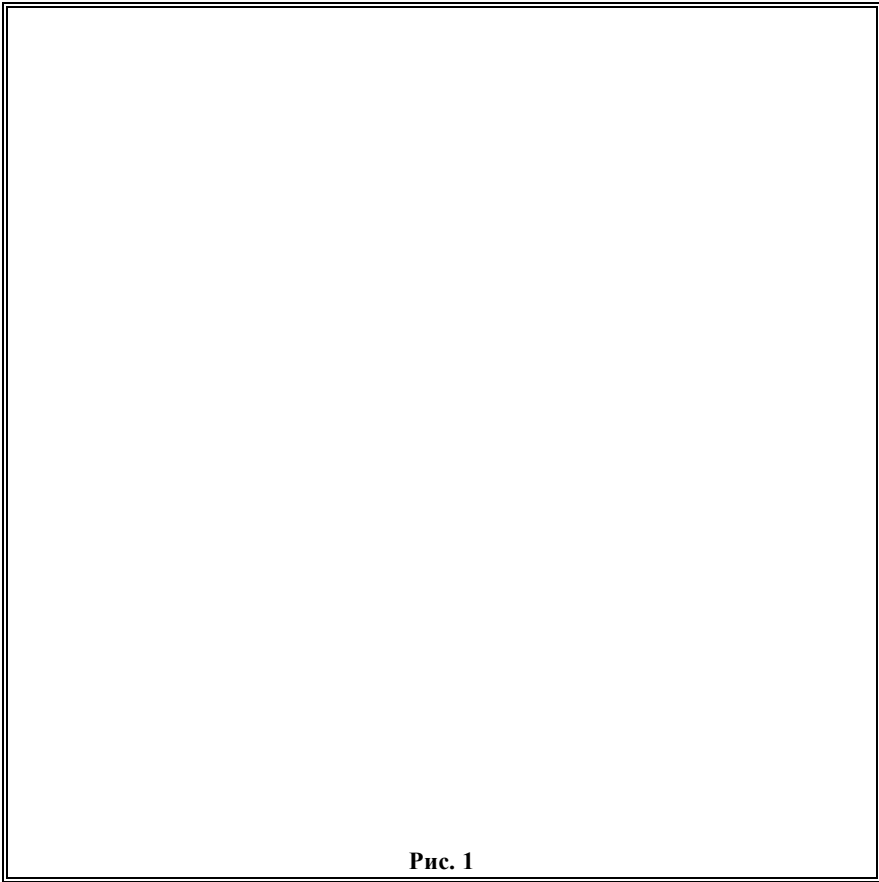


Рис. 1

**Геолого-геометрическая модель**

Разработка данной модели основывается на представлениях о массиве, как блоковой структуре горных пород. Исходя из такой предпосылки, физические и динамические процессы в дискретном массиве рассматриваются как результат взаимодействия блоков по граничным разрывам, определяющим, в конечном счете, НДС месторождения. В основе выделения блоков горных пород лежит установление положения граничных разрывов. Известно, что тектонические процессы, протекающие в глубинных сферах земли, находят видимое и фиксируемое отражение на земной поверхности. Поэтому методика выделения блоков массива базируется на представлении о различной интенсивности вертикальных сдвижений по системам разновозрастных граничных разрывов. В методическом плане выделение граничных

разрывов и блоковой структуры в целом осуществляется в результате анализа рельефа поверхности, морфометрического анализа глубинных структур. Традиционная геологическая и геофизическая информация о структуре месторождения, полученная в результате поисковых и разведочных работ, используется при построении блоковой модели массива как дополнительная, для корректировки и уточнения положения граничных разрывов и их залегания в пространстве. Практика показывает, что наиболее крупные палеотектонические разрывы при этом часто являются граничными. Достоверность выделения граничных разрывов достигается за счет комплексности проводимого анализа. При проведении работ производится не автоматическое наращивание количества разрывов, а сопоставление положения и диагностика отдельных разрывов в массиве, установленных различными

методами. Разрывы, неподтвержденные несколькими методами, отбраковываются. Таким образом, создается целостная, взаимосвязанная, иерархически соподчиненная блоковая модель горных пород. Размер выделяемых блоков горных пород на каждом этапе зависит от уровня генерализации исследуемой территории, т.е. в данном случае – от масштаба анализируемых топографических карт и аэрокосмоснимков. Всего выделяются пять рангов блоков (I – V ранг) массива пород соответственно на топокартах масштабов от 1:2 500 000 до 1:10 000 – 1:5 000 [1]. Последовательная детализация позволит выделить все более и более мелкие граничные разрывы, создавая генетически взаимосвязанную блоковую структуру массива на различном масштабном уровне. Как следует из методики, задача в данном случае сводится к установлению пространственного положения граничных разрывов и блоков, т.е., по сути дела, геометризации разрывов. С физических позиций данная модель является статичной и является основой для изучения геодинамических процессов в блоковом массиве горных пород. В качестве примера рассмотрим блоковую модель Воркутского месторождения. Выделение блоковой структуры месторождения проводилось в соответствии с вышеизложенной методикой. Применялся комплексный анализ с использованием нескольких вышеприведенных методов, что направлено, прежде всего, на обеспечение наибольшей достоверности определения положения в структуре месторождения граничных разломов, ограничивающих блоки массива горных пород. В районе Воркутского месторождения таким образом выделены разрывы различного по масштабам развития уровня (рис. 2). Наиболее крупными являются разломы I–I, II–II, III–III (II ранг), которые имеют СВ и СЗ

простираение, ограничивая Воркутское месторождение с севера и юга [5]. Два близких к ним по размерам субмеридиональных разлома IV—IV и V—V определяют западную и восточную границы мульды. Все данные разломы отчетливо выражены в рельефе и уверенно дешифрируются по космоснимкам. Морфоструктурные данные и карты гониобазит третьего порядка указывают на их древнее заложение и распространение на глубину 3-4 км. Эти разломы практически ограничивают крупнейший блок массива, кото-

рый охватывает все Воркутское месторождение. Перемещения по граничным разломам и тектонические деформации внутри блока в течение длительной и многоэтапной истории формирования региона, в конечном счете, определили современную блочную структуру месторождения. В палеогеологическом плане заложение разломов относится к первичному периоду формирования мульды, что определило их влияние на дифференциальные движения блоков и условия накопления продуктивной толщи [6]. Таким образом, систе-

мы протяженных и глубинных разломов (II ранг) разделяют горные породы Воркутской мульды на четыре крупных блока – А, В, В, Г (рис. 2).

*Геодинамическая модель* отражает результаты проявления динамических процессов в блочном массиве месторождения. Области наиболее активной динамики являются граничные разрывы, разделяющие, взаимодействующие в силовом тектоническом поле, блоки массива горных пород. Именно на таких участках происходит резкое изменение однородности геофизических полей и напряженно деформированного состояния массива горных пород. Аномальность в зонах разрывов проявляется в виде повышенной гидрохимической активности подземных и поверхностных вод, эманаций аэрокомпонентов, возрастания геофизических параметров гравитационного, электромагнитного, теплового полей земной коры. Поскольку основной задачей геодинамического моделирования является выделение участков, потенциально опасных по проявлению геодинамических явлений, при построении данной модели основными являются положение активных разрывов и области локализации тектонически напряженных зон (ТНЗ). Для решения этой задачи разработан комплекс методов, в результате применения которых создается информационная база данных, необходимая для построения геодинамической модели [4].

Причины проявления повышенной геодинамической активности блочного массива региона и месторождения могут иметь разный характер и связаны с силовым воздействием на земную кору ряда региональных и глобальных природных факторов. Так в структуре Главной антиклинали Центрального района Донбасса (см. рис. 3) установлено проявление геоэлектромагнитных сил, вы-

Рис. 2

завших за время существования структуры ее поворот по часовой стрелке в соответствии со свойством кольцевой структуры. В результате северное крыло северо-западной части антиклинали дислоцировано сильнее южного крыла, разгружено от напряжений и дегазировано. Поэтому шахты в этой части антиклинали менее опасны по внезапным выбросам, чем шахты южного крыла. В юго-восточной части антиклинали ситуация обратная северо-западной: более дислоцировано южное крыло (оно же менее опасно) и менее дислоцировано северное (более опасное). Автономия кольцевой структуры проявилась еще и в том, что на северном крыле антиклинали наименее дислоцирована юго-восточная окраина (лежачее крыло взбросов, на которое при вращении структуры по часовой стрелке сместились остальные висячие крылья, опасность которых уменьшается с юго-востока на северо-запад. На южном крыле антиклинали все наоборот. Опорное, лежачее крыло взбросов находится на северо-западе, а остальные «смещаются» на него и испытывают тектоническую разгрузку.

При анализе активности выделенных разломов используются три группы признаков: морфометрические (выраженность в рельефе и амплитуда разлома); геолого-гео-физические (соответствие с тектоническими разрывами фундамента, наличие геофизических и геохимических аномалий); тектонофизические (связь с полем напряжений, сейсмоактивность и данные о современных движениях земной коры) [5].

Тектонофизические факторы в значительной мере характеризуют геомеханические условия и активность взаимодействия блоков, разделенных выделенными раз-

**Рис. 4. Напряженное состояние блоковой структуры северной части Воркутинского месторождения**

рывами. Ориентировка осей главных напряжений и соотношение их величин в различных регионах изменяются. Из-за неравнокомпонентности напряжений возникают значительные касательные напряжения, достигающие 10 МПа и более. Поэтому разломы, попадающие в плоскость действия максимальных касательных напряжений, являются более потенциально подвижными. Для них в большей степени характерно стремление к относительному сдвиганию крыльев. Такие плоскости наклонены к осям максимальных и минимальных нормальных напряжений под углом  $45^\circ$ .

Направление перемещения по разломам определяется из геомеханического анализа и сопоставления полученных оценок с геоморфологическими индикаторами. Разломы, перпендикулярные оси минимального сжатия, которая одновременно является осью максимального растяжения, даже в условиях всестороннего сжатия могут испытывать не сдвиговое перемещение крыльев, а отодвигание друг от друга с образованием зоны, в которой развиваются деформации удлинения. Для разрывов, перпендикулярных максимальным напряжениям, следует ожидать наиболее контрастных тектонически напряженных зон. Если, например,  $\sigma_{\max}$  действует в горизонтальной плоскости и составляет  $1,5 \gamma H$ , то в случае, когда из-за неровностей сместителей контактирует половина его площади, концентрация напряжений в местах контактов будет достигать уже  $3 \gamma H$ . Для выделения ТНЗ эффективно использовался аналитический метод расчета напряженного состояния блочного массива горных пород.

Особенность задач о системах взаимодействующих блоков состоит в том, что число границ (контактов) существенно больше, чем в обычных задачах, решаемых

численными методами. Поэтому целесообразно использовать такие формы *граничных интегральных уравнений* и такие методы вычислений, которые наилучшим образом приспособлены к учету упомянутой особенности [5].

На Воркутском месторождении для восстановления палеотектонических условий формирования разрывных нарушений была проведена систематизация разноамплитудных дизъюнктивов с последующим анализом на картографических проекциях угловых соотношений между ними и определением положения в пространстве осей главных нормальных тектонических напряжений. Результаты анализа показывают, что максимальные сжимающие напряжения в современный период ориентированы в субширотном направлении. Это указывает на то, что в современном цикле напряжений наиболее высокие касательные напряжения проявляются у крутопадающих диагональных разломов в результате сдвиговых деформаций. Для субмеридиональных нарушений возникновение тектонически напряженных зон происходит при наложении неровностей сместителей вследствие того, что эти разломы расположены нормально к максимальному сжатию.

В целом характеристика геодинамической активности разрывных нарушений Воркутского месторождения приведена в табл. 1.

Из этого следует, что максимальные касательные напряжения развиваются по поверхности двух крупных активных разломов протяженностью более 450 км (разрывы 1-1 и 2-2) и определяют напряженно-деформированное состояние (НДС) всего региона. При пересечении этих разрывов возникают две обширные клиновидные структуры: восточная и западная. В западной клине расположено Воркутское месторождение. В области пересечения указанных разрывов сформировалась мощная

Таблица 1

## ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗРЫВНЫХ НАРУШЕНИЙ

1. Диагональные сдвиги СВ и СЗ прости- рания с крутыми углами падения	Тектонически напряженные зоны создаются на участках пере- сечения разрывов в клиновидных структурах, а также около концов и изгибов разрывов
2. Продольные, субмеридиональные круто- падающие разрывы	Тектонически напряженные зоны вдоль разрывов создаются на участках плотного контакта выступов – на сместителях разры- вов

тектонически напряженная зона (ТНЗ), определяющая НДС шахт «Северная» и «Воркутинская».

Тектонически напряженная зона выделяется также на участке пересечения разрывов 2-2 и 4-4, охватывает северо-восточную часть поля шахты «Северная» и распространяется на поле шахты «Юр-Шор». Другая крупная ТНЗ располагается на участке изгиба разрыва 4-4 и охватывает среднюю часть поля шахты «Воркутинская». При эксплуатации угольных шахт на этих участках проявлялась динамическая активность пластов.

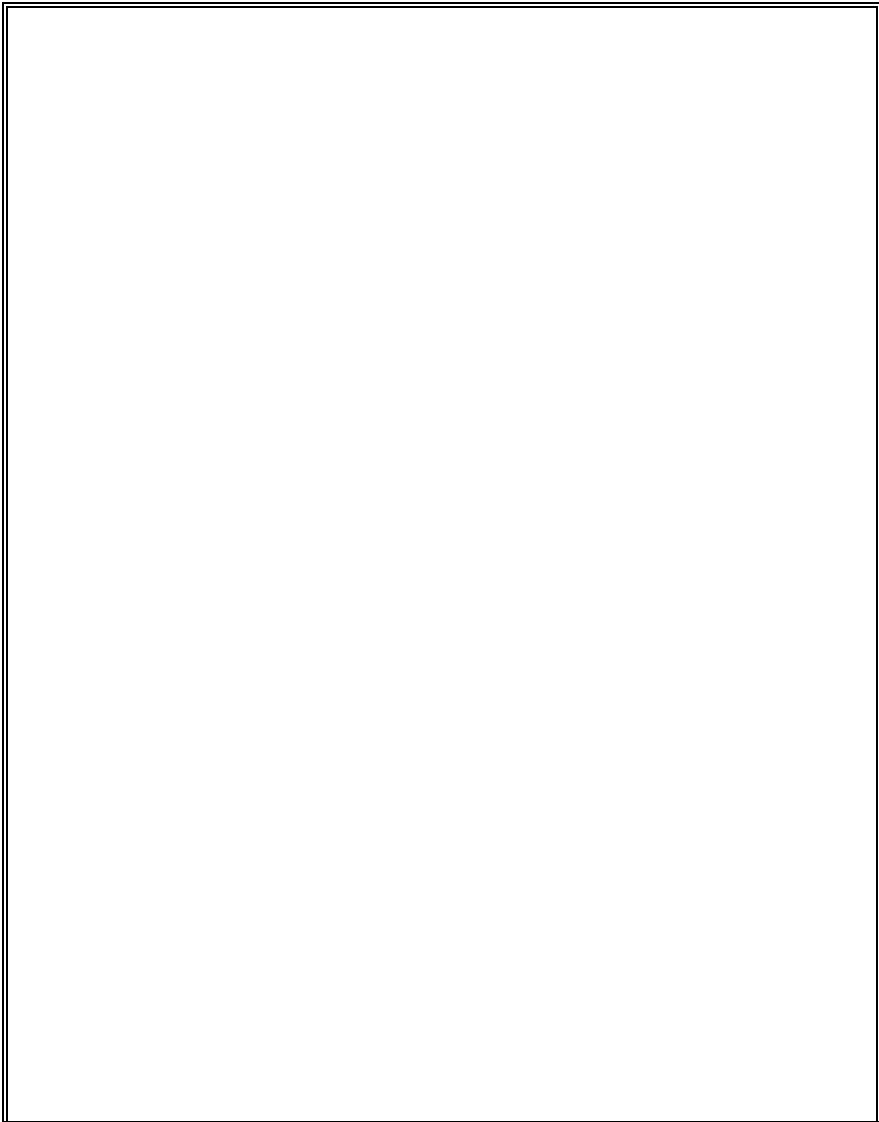
В целом, полученная в результате расчета, карта отражает распределение напряжений (рис. 4) в блоковой структуре мульды и позволяет выделить области их наибольшей концентрации. Дальнейшая детализация и уточнение границ ТНЗ производились с учетом расположения, типа и морфоструктуры отдельных разрывных нарушений. Всего выделено 11 ТНЗ. На рис. 5 приводятся результаты подобного комплексного анализа.

Таким образом, практически на каждой из шахт, разрабатывающих мульдовую часть Воркутинского месторождения, выделяются тектонически напряженные зоны, с которыми потенциально связаны геодинамические явления при ведении горных работ.

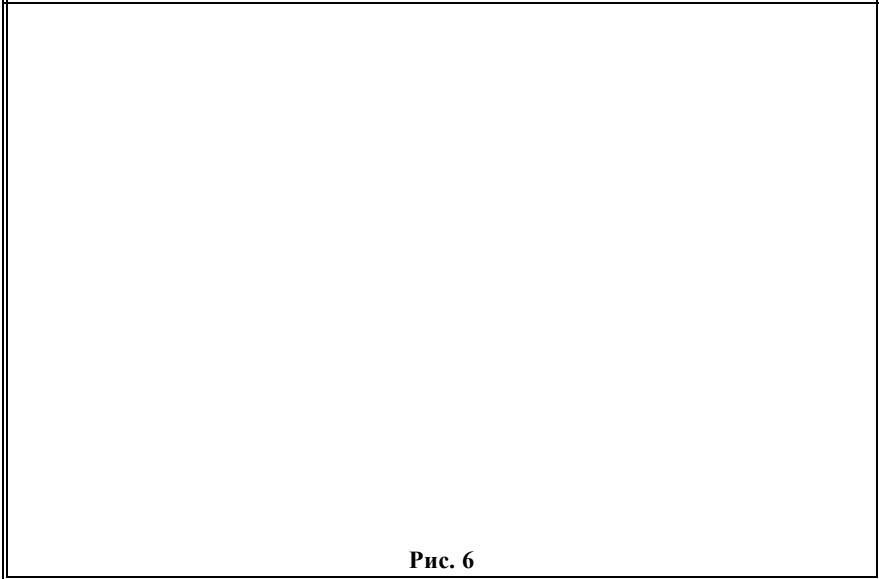
Влияние активных разрывов на геодинамическое состояние месторождения и особенно его локальных участков отчетливо прослеживается в Прокопьевско-Киселевском районе Кузбасса. Этот район относится к числу геодина-

мически весьма активных и потенциально опасных участков Кузбасса. Повышенная геодинамическая активность этого района обусловлена как его расположением в зоне трансрегионального Кытмановского глубинного разлома, так и весьма сложным складчато-глыбовым строением массива горных пород.





**Рис. 5**



**Рис. 6**

На схеме геодинамического положения шахта «Тай-бинская», «Коксовая» и «Цент-ральная» (рис. 6) Прокопьевско-Киселевского района Присалаирской зоны линейных складок в результате дешифрирования геодинамически активных разломов выделяются три четко обособленных участка: центральный, северный и южный.

Центральный участок, ограниченный наиболее протяженными геодинамически активными нарушениями II ранга, отвечает зоне зон трансрегионального глубинного и сейсмически активного Кытмановского разлома шириной 3-4 км. Она выделяется по резкому преобладанию и повышенной концентрации протяженных, длиной 3-5 км и более, геодинамически активных извилистых нарушений северо-восточного простирания, ориентированных явно поперек Присалаирской зоны линейных складок. На Северном и Южном участках района плотность дешифрирующихся геодинамически активных разломов относительно пониженная и среди них заметно преобладают нарушения северо-западной и субмеридиональной ориентировки, оперяющие зону Кытмановского разлома и совпадающие с простиранием складчатых структур района. Примечательно, что число активных разломов такой ориентировки на этих участках в десятки раз меньше, чем количество закартированных здесь продольных соскладчатых нарушений в угленосных толщах.

Судя по рисунку геодинамически активных разломов, прослеженных на рассматриваемой и прилежащих территориях, геодинамические нагрузки горного массива в зоне Кытмановского разлома и, соответственно, на его крыльях несут характер левостороннего сбросо-сдвига. Таким образом, расположение Центрального и Коксового шахтных полей на южном крыле Кытмановского

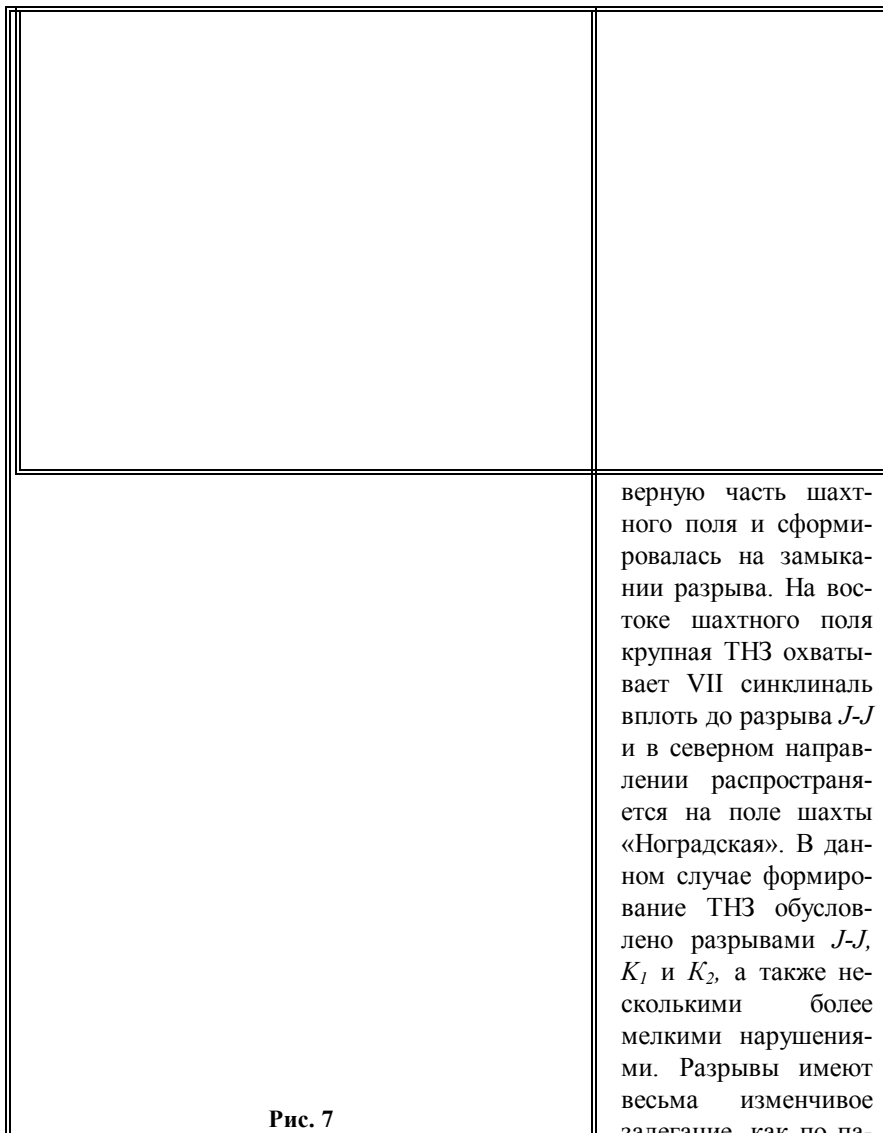


Рис. 7

разлома, а Тайбинского – на северном, предопределяет соответственно различно (встречно) направленную ориентировку геодинамических напряжений в их пределах.

Как указывалось выше, в Прокопьевском районе имеется большое количество крупных разрывов, с которыми связаны соответствующие им по масштабам ТНЗ. На рис. 7 показаны тектонически напряженные зоны, выделенные на поле шахты «Коксовая».

Поле шахты «Коксовая» пересекает разрыв  $G-G$ , с которым, прежде всего, связано формирование крупной тектонически напряженной зоны. Она занимает се-

верную часть шахтного поля и сформировалась на замыкании разрыва. На востоке шахтного поля крупная ТНЗ охватывает VII синклиналь вплоть до разрыва  $J-J$  и в северном направлении распространяется на поле шахты «Ноградская». В данном случае формирование ТНЗ обусловлено разрывами  $J-J$ ,  $K_1$  и  $K_2$ , а также несколькими более мелкими нарушениями. Разрывы имеют весьма изменчивое залегание, как по падению, так и по простиранию. Кроме того, разрывные нарушения  $K_1$  и  $K_2$  на глубине по падению примыкают к разрыву  $J-J$ , в результате чего возник значительный по объему и интенсивно напряженный участок массива, включающий восточное крыло Малой антиклинали и VII синклиналь, где в последствии при ведении горных работ произошли горные удары.

#### **Горно-геодинамическая модель**

Формирование геодинамически опасных зон (ГОЗ) в блочном массиве горных пород определяется совместным воздействием естественного и техногенного полей напряжений. При наложении естест-

венного и техногенного полей напряжений имеет место суперпозиция геодинамически опасных зон, возникающих отдельно от действия естественного и техногенного полей напряжений. При этом происходит не простое суммирование этих зон, а вследствие влияния техногенного поля напряжений на контактные условия вдоль разрывного геологического нарушения, существенно увеличиваются геодинамически опасные участки в окрестности нарушений. Причем наиболее значительный эффект в процесс расширения геодинамически опасных зон реализуется вследствие изменения контактных условий вдоль нарушений и значительного изменения нормальной к контактной поверхности компонент напряжений. Существенным обстоятельством, приводящим к росту геодинамической опасности при входе горных работ в ГОЗ является увеличение градиента нарастания опорного давления в краевой части пласта, в результате чего создается газодинамическая опасность. Именно с этими причинами связаны газодинамические явления в зоне разрывов  $J-J$  и  $G-G$  на шахте «Коксовая» Прокопьевско-Киселевского месторождения.

В зоне разлома  $J-J$  вблизи плоскостей дополнительных сместителей зарегистрировано 2 горных удара и 3 внезапных выброса угля и газа (рис. 8).

Внезапные выбросы произошли на VI крыле 23.06.81, 23.05.88. по пласту III Внутреннему и 1.09.71 и 27.05.76 по пласту II Внутреннему.

Количество выброшенного угля и газа составили в первом случае 120 т и 8000 м<sup>3</sup>, а во втором случае – 82 т и 25 000 м<sup>3</sup> газа за первые 8 часов и примерно в таких же количествах в остальных случаях. Горные удары также, как и выбросы характеризовались значительным объемом разрушения угля.

Происшедшие явления указывают на динамическую активность разлома  $J-J$ .

От сместителя отходит серия параллельных друг другу сместителей с амплитудами от 1 до 5 м. В зоне влияния  $G-G$  также зарегистрированы внезапные выбросы угля и газа от 25.07.61 и 28.05.94 г. по пласту Безымянному и Мощному и горный удар от 20.05.78 г. с огромным объемом разрушения угля.

Наиболее опасным видом динамических явлений при разработке месторождений полезных ископаемых являются горно-тектонические удары. Они отличаются большой энергией, значительными объемами разрушения массива в окрестности горных выработок и особенностями механизма формирования удароопасной обстановки в зоне разрывных нарушений. Во всех случаях горно-тектонические удары возникают в результате подвижки по активным сместителям разрывов. Этот факт достоверно установлен на основании сейсмологических наблюдений и при визуальном обследовании выработок. 07.04.96 в блоках 14–16<sup>го</sup> гор. – 560 м шахты «Черемуховская» (СУБР) произошел горно-тектонический удар с энергией  $1,1 \times 10^7$  Дж, который сопровождался видимой подвижкой до 10 см по сместителю тектонического нарушения, являющегося опережающим нарушением Центрально-Черемуховского взброса (рис. 9). Горные работы в пределах данного участка велись камерно-столбовой системой разработки в опущенном крыле сброса с амплитудой смещения  $A = 10 \div 18$  м. К моменту горно-тектонического удара размеры выработанного пространства достигли по простиранию  $\approx 200$  м, по падению залежи  $\approx 150$  м. Очистные работы в приподнятом крыле сброса практически не велись (безрудный участок).

Рис. 9. Горно-тектонический удар с подвижкой в крыле взброса. СУБР, шахта Черемуховская. Максимальная величина подвижки 8–10 см; Б – крыло) величиной подвижки  $\approx 3$  с

Анализ результатов высокоточных наблюдений, проведенных в полевых выработках сразу после динамического проявления горного давления, а также визуальных наблюдений за характером разрушения пород показал, что произошло смещение опущенного блока взбросо-сдвигового характера в восточном направлении, т.е. в сторону выработанного пространства. Величина подвижки колебалась от  $8 \div 10$  см в центре удара до 3 см на периферийных частях выработанного пространства (см. рис. 9). На участках, расположенных за границами выработанного пространства, смещение по сместителю разрыва не зарегистрировано.

В общем случае при формировании ГОЗ в блочном массиве горных пород мерой воздействия является приток упругой энергии в краевую часть удароопасного пласта, представляющих собой сумму притоков упругой энергии из вмещающих пород и вследствие частичного или полного срыва смещения вдоль плоскостей тектонических нарушений за счет воздействия фронта очистных работ. Величина притока энергии вследствие срыва сцепления зависит от размеров очистного пространства, глубины ведения горных работ, величины и соотношения главных напряжений в нетронутом массиве.

Критерий потенциальной опасности геодинамической зоны можно сформулировать следующим образом:

Таблица 2

Вид динамических явлений	Величина $\Delta \mathcal{E}_{кр}$ , Дж
Толчки	$\leq 10^2$
Микроудары	$10^2 \div 10^4$
Горные удары	$10^4 \div 10^6$
Горно-тектонические удары	$\geq 10^6$

$$\Delta \mathcal{E}_T + \Delta \mathcal{E} + \Delta \mathcal{E}_{ТНЗ} \geq \Delta \mathcal{E}_{кр}, \quad (1)$$

где  $\Delta \mathcal{E}_T$  – приток упругой энергии в краевую часть удароопасного пласта за счет техногенного воздействия;  $\Delta \mathcal{E}$  – приток упругой энергии в краевую часть удароопасного пласта за счет срыва сцепления вдоль сместителя тектонического нарушения;  $\Delta \mathcal{E}_{ТНЗ}$  – приток упругой энергии в краевую часть удароопасного пласта за счет наличия тектонически напряженной зоны;  $\Delta \mathcal{E}_{кр}$  – критическое значение притока энергии, определяемое для различных динамических явлений по табл. 2 [7].



Горно-геодинамическая обстановка на месторождении и, особенно, на отдельных шахтных полях изменяется с течением времени. Увеличивается отработанное пространство, вводятся в разработку новые пласты и горизонты, возрастает глубина горных работ и т.д. В связи с этим процессом возникает необходимость постоянного контроля за геодинамикой массива горных пород, т.е. в постановке ринговых ний.

При

ческом мониторинге выполняется обработка результатов наблюдений за сдвижением земной поверхности и сейсмособытиями, выделяются элементы блочной структуры горного массива и дается оценка их взаимодействия; оценивается напряженное состояние массива; выделяются активные разломы и определяется степень их активности. Вся информация, полученная в результате мониторинговых наблюдений, используется для пополнения и корректировки горно-геодинамической модели, как основы прогноза геодинамически опасных участков в условиях движения забоев горных выработок и разработки рекомендаций и необходимых профилактических мер для безопасного ведения горных работ.

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

---

1. Геодинамическое районирование недр. Методические указания. – Л. ВНИМИ, 1990. – 129 с.
2. Методические указания по прогнозу ударо- и выбросоопасных зон вблизи разрывных нарушений. Тр. ВНИМИ, - Л., 1990, 44 с.
3. *Шабаров А.Н.* Опыт и перспективы метода геодинамического районирования при освоении и эксплуатации недр. Тр. Международного рабочего совещания. СПб, 1995, с. 34-45.
4. *Шабаров А.Н.* Геомеханические аспекты, опыт и перспективы решения проблем геодинамической безопасности на предприятиях топливно-энергетического комплекса. Тр. II Международного рабочего совещания. СПб, 1997, с. 19-32.
5. *Шабаров А.Н., Кротов Н.В., Зубков В.В.* Геодинамическая безопасность и методы ее обеспечения на угольных шахтах. Специальное приложение к журналу ГЛЮКА-УФ., 1999, № 2 (4), с. 21-27.
6. *Яцук В.П.* Основные этапы геотектонического развития Печорского бассейна. В кн. Тектоника угольных бассейнов и месторождений СССР. – М., Недра, 1976. – с. 124-131.
7. *Смирнов В.А.* Физические процессы в очагах горных ударов и региональный прогноз по геофизическим полям. Дисс. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук в виде научного доклада. С.-Петербург, ВНИМИ, 1991.

*Шабаров А.Н.* – кандидат технических наук, Государственный научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела – Межотраслевой научный центр ВНИМИ, г. Санкт-Петербург.