

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДИЗЬЮНКТИВОВ ДЛЯ ПОИСКОВ СМЕЩЕННОГО КРЫЛА ПЛАСТА В ПРОКОПЬЕВСКОМ РАЙОНЕ КУЗБАССА

А. А. БЕЛИЦКИЙ

### Предисловие

Настоящая работа была написана в 1941 г. и принята к печати в „Известиях института“, но до сих пор по многим причинам не была напечатана. Несмотря на то, что прошло уже девять лет, эта работа и в данное время не потеряла своей актуальности. За этот период разработанный нами метод поисков смещенного крыла пласта успешно применялся геологами Прокопьевского района Кузбасса, особенно В. А. Азимовым, Ф. С. Денисовым и А. С. Забродиным. Многолетний опыт применения этого метода в Прокопьевском районе позволил А. С. Забродину, во-первых, предложить решения задач на стереографической сетке, а во-вторых, разработать оригинальную геометрическую классификацию дизъюнктивов. Результаты своих исследований А. С. Забродин доложил на совещании шахтных геологов комбината „Кузбассуголь“ в 1948 г.

Следует, однако, отметить, что за последние годы были обнаружены на некоторых шахтах района дизъюнктивы типа подбросов, для которых наш метод оказался неприменимым. Однако этот факт не может умалять значения нашего метода вообще и в частности для Прокопьевского района, поскольку это относится к небольшому количеству случаев на многие сотни правильно расшифрованных дизъюнктивов. Кроме того, эта работа, по нашему мнению, представляет интерес и в связи с некоторыми другими вопросами шахтной тектоники, которые здесь попутно подняты и частично разрешены. Поэтому мы убеждены, что опубликование этой работы принесет известную пользу для шахтных геологов Кузбасса, а также для правильного понимания некоторых вопросов тектоники Прокопьевского района.

### Введение

В каменноугольных бассейнах со сложной структурой одним из важных вопросов рудничной геологии являются поиски смещенного крыла пласта. В таких районах Кузбасса, как Прокопьевский, Киселевский, Анжерский и др., вследствие сложной тектоники, почти ежедневно горные выработки встречают разрывы пластов. При многообразии форм дизъюнктивов и отсутствии простых закономерностей в их проявлении каждый новый дизъюнктив требует к себе индивидуального подхода. Если при этом отсутствуют надежные признаки, позволяющие определить, в каком направлении сместился пласт, то горная выработка часто останавливается на неопределенное время. Остановка горной выработки из-за потери пласта

угля сильно осложняет эксплуатацию месторождения, заставляет перестраивать на ходу план работы и ведет к нерациональным затратам средств.

Несмотря на очевидную актуальность этого вопроса, до сих пор методика поисков смещенного крыла пласта почти не разработана. Это отчасти можно объяснить тем, что непосредственно рудничной геологией геологи систематически начали заниматься лишь только в последние десять-пятнадцать лет. До этого вопросами рудничной геологии на рудниках занимались почти исключительно маркшейдеры; поэтому и неудивительно, что в маркшейдерской литературе, в учебниках и отдельных работах по горной геометрии, уделяется большое внимание геометрическому анализу дизъюнктивов, частично затрагиваются также вопросы поисков смещенного крыла пласта.

Однако, несмотря на то, что маркшейдеры этими вопросами занимаются давно (первая классификация смещений Гауссе появилась в 1903 году), методика поисков смещенного крыла пласта у них также оказалась неразработанной, так как изложенные в горной геометрии различные правила поисков смещенного крыла пласта действительны только для простых дизъюнктивов, у которых крылья относительно друг друга передвигались или по линии падения, или по линии восстания сместителя, а такие дизъюнктивы, как известно, встречаются очень редко.

Основной недостаток горных геометров, который не позволил им выработать более надежный метод поисков смещенного крыла пласта, заключается в том, что они, увлекшись геометрией, отвлеклись от геологии, забывая, что каждый дизъюнктив есть результат весьма сложного тектонического процесса. Анализируя дизъюнктив вне связи с этим процессом, рассматривая его только как геометрическую форму, отрывая, таким образом, частное от общего, от причин, порождающих это частное, они были вынуждены положить в основу анализа не направление перемещения крыльев дизъюнктива относительно друг друга, а смещение, которое рассматривается ими как конечный результат перемещения.

Было бы неправильно, однако, утверждать, что горные геометры совершенно игнорируют относительное направление перемещения и не понимают его значения. Напротив, там, где им удастся определить это направление чисто геометрическим путем, они с успехом им пользуются для решения ряда практических задач, в том числе и для поисков смещенного крыла пласта. Так, чисто геометрическим путем в горной геометрии определяется относительное направление перемещения для поступательно цилиндрических и сложных смещений.

Однако геометрический метод определения направления относительного перемещения крыльев дизъюнктива для поисков смещенного крыла пласта имеет весьма ограниченное применение, так как в большинстве случаев в сильно дислоцированных месторождениях, таких, например, как Прокопьевское и Киселевское в Кузбассе, наиболее трудной задачей являются поиски смещенного крыла пласта для впервые подсеченного горной выработкой нарушения, когда нам известен пласт только по одну сторону сместителя, а сам сместитель может быть изучен только в одной точке, в плоскости забоя. В таких случаях определить относительное перемещение крыльев дизъюнктива геометрическим путем невозможно, ибо, если даже это нарушение будет поступательно цилиндрическим, зная его только в одной точке, мы будем вынуждены подходить к нему, как к правильно поступательному смещению.

Как известно, существует, кроме весьма ограниченного геометрического метода, более широкий по своим возможностям геологический метод определения относительного направления перемещения крыльев дизъюнктивов. Этот метод, описанный в ряде работ по структурной геологии [6; 9], заключается в исследовании поверхности сместителя, на которой при дви-

жении крыльев относительно друг друга более твердые частицы породы оставляют следы своего движения в виде царапин, полос, борозд и желобков. Эти следы перемещения, часто наблюдаемые на поверхности сместителя и известные под общим названием штриховки, могут при некоторых условиях указывать на относительное перемещение крыльев дизъюнктивов.

Этот метод также известен горным геометрам, однако им они почти не пользуются. Причина заключается в том, что, по их мнению [2; 3; 15], штриховку можно обнаружить только в редких случаях. Кроме того, многие до сих пор считают, что даже тогда, когда штриховку на поверхности сместителя удастся обнаружить, по ней почти совершенно невозможно определить относительное направление перемещения, так как обычно рекомендуемый для этого способ поглаживания рукою по зеркалу скольжения в большинстве случаев не дает положительных результатов.

Вот почему горные геометры не положили в основу своего анализа и не использовали при поисках смещенного крыла пласта относительное перемещение крыльев, хотя еще в 1907 г., как увидим ниже, Д. В. Фрост [16] сформулировал правило поисков смещенного крыла пласта для тех случаев, когда известна штриховка и относительное перемещение крыльев дизъюнктивов.

В 1935 г. в печати появилась работа проф. И. А. Молчанова [7]. В этой работе излагается геометрический анализ поступательных дизъюнктивов, при этом в основу анализа ложится относительное перемещение крыльев дизъюнктивов. Это позволило автору настоящей статьи разработать новый метод поисков смещенного крыла пласта для таких нарушений, которые пересекаются горной выработкой впервые, когда пласт известен только по одну сторону сместителя, а сам сместитель известен только в одной точке, в плоскости забоя.

Предлагая этот метод, мы вопреки мнениям горных геометров, считали, что штриховку на плоскостях сместителей в большинстве случаев можно обнаружить сравнительно легко. Но это еще не все. Если не замыкаться в сравнительно узкие рамки геометрического анализа и проводить его в тесном контакте и на основе уже выявленных геологических закономерностей месторождения или даже целого бассейна, то, оказывается, можно легко определить по штриховке и относительное направление перемещения, не прибегая к сомнительному способу поглаживания рукою по зеркалу скольжения.

Примером такой возможности является Кузбасс, где акад. М. А. Усов [10; 11; 12; 13; 14] и ряд других исследователей, в результате изучения тектоники бассейна, пришли к единому мнению, что она является следствием тангенциальных сил и поэтому может быть только взбросовой. Если мы используем этот вывод, то ясно, что обнаруженный на поверхности сместителя штрих будет указывать также и на относительное перемещение крыльев, так как мы заранее будем знать, что общее движение крыльев дизъюнктивов было только вверх. Если же мы будем знать штрих и по нему сумеем определить относительное направление перемещения, тогда поиски смещенного крыла пласта для впервые встреченных нарушений, когда пласт известен только по одну сторону сместителя, превращается в простейшую задачу, которую можно решить двумя способами.

1. Графический способ. Для этого изображаем известное крыло пласта и сместитель в проекциях с числовыми отметками (рис. 1). Затем совмещаем плоскость сместителя  $ST$  с планом и находим также совмещенное положение линии скрещивания пласта со сместителем  $AA_1$ . Для этого воспользуемся методом вращения плоскостей, известном в начертательной геометрии. За ось вращения принимаем линию простирания сместителя  $ST$ . Проекция любой точки, принадлежащей вращающейся пло-

скости, при вращении будет перемещаться по линии перпендикулярной оси вращения. Поэтому точка  $A_1$  должна перемещаться по линии  $A_0A_2$  перпендикулярной оси вращения  $ST$  и при совмещении плоскости сместителя с планом займет положение  $A_0$  на расстоянии от оси, равном  $A_2A_0 = OK$ . Таким образом, мы получим совмещенное положение линии скрещивания пласта со сместителем  $AA_0$  и плоскости сместителя  $S_0T_0$ .

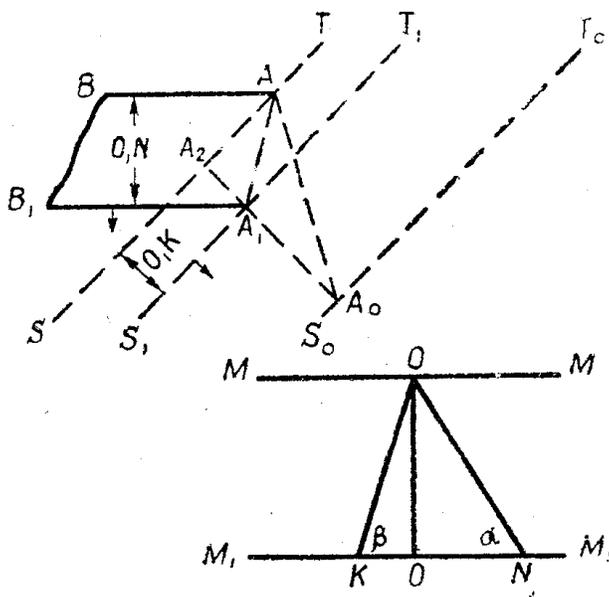


Рис. 1

Если теперь, заранее зная направление относительного перемещения крыльев дизъюнктива в точке  $A_0$ , проведем под известным нам углом линию штриха, то, очевидно, последний должен указывать направление поисков смещенного крыла пласта. Если штрих окажется между линиями  $AA_0$  и  $A_0T_0$ , то оба крыла образуют зияние пласта. Если же штрих окажется между линиями  $AA_0$  и  $A_0S_0$ , то они образуют сдвоенные пласта.

Д. В. Фрост [16], имея в виду это графическое построение, еще в 1907 г. сформулировал следующее правило поисков смещенного крыла

пласта: „линия изыскания и линия скрещивания известной части месторождения со сбрасывателем будут всегда расположены по разным сторонам линии скольжения (падения сбрасывателя)“. И действительно, если мы рассмотрим на проекции с числовыми отметками сбрососдвигов (рис. 2а) и взбрососдвигов (рис. 2б), то становится ясным, что это правило справедливо для любой формы дизъюнктива.

Таким образом, для дизъюнктивов, на поверхностях сместителей которых можно обнаружить штриховку и определить относительное направление перемещения крыльев, Д. В. Фрост дал сравнительно простое графическое решение для поисков смещенного крыла пласта. Однако, как было уже отмечено выше, считая, что штриховку обнаружить трудно и тем более трудно по ней определить относительное направление перемещения крыльев, горные геометры в практике своей работы этим методом не пользовались, хотя уместно здесь отметить, что в Кузбассе долгое время работали крупные специалисты по горной геометрии, которые занимались геометризацией ряда шахтных полей, поисками смещенных крыльев пластов и неоднократно руководили специальными курсами по горной геометрии для маркшейдеров и геологов.

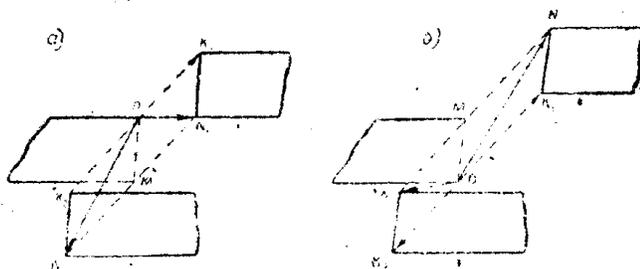


Рис. 2

2. Направление поисков смещенного крыла пласта при этих условиях можно решить и аналитическим способом, воспользовавшись формулами проф. И. А. Молчанова.

Напишем несколько измененную нами формулу проф. И. А. Молчанова сложного диагонального дизъюнктива

$$l = H \left( \operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta \cos \omega \pm \frac{\operatorname{ctg} \gamma \sin \omega}{\sin \beta} \right), \quad (1)$$

где  $l$  — видимое горизонтальное смещение пласта, измеренное вкrest его простирания (рис. 3). Эта величина может быть положительной и отрицательной, при этом необходимо придерживаться следующего правила знаков. Величину  $l$  всегда измерять в направлении от лежащего крыла пласта к висячему и, если это направление совпадает с падением пласта, брать знак (+); если же оно не совпадает, брать знак (—).  $H$  — вертикальная высота перемещения;  $\alpha$  — угол падения пласта;  $\beta$  — угол падения сместителя;  $\omega$  — угол встречи пласта и сместителя в плане. Но так как при встрече пласта и сместителя в плане образуется два смежных угла, условимся, что за этот угол будем всегда принимать вершину того угла, относительно которого стрелки, указывающие падение сместителя и пласта, направлены навстречу друг другу.  $\gamma$  — угол между простиранием сместителя и штрихом (рис. 4а и в). Здесь также будут два смежных угла. Условимся отсчитывать этот угол с висячего бока сместителя (рис. 4а) против часовой стрелки, а с лежащего (рис. 4б) — по часовой стрелке.

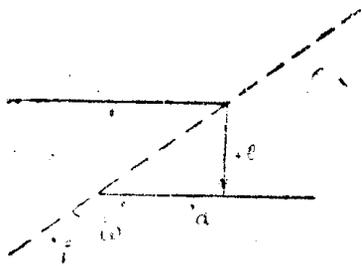


Рис. 3

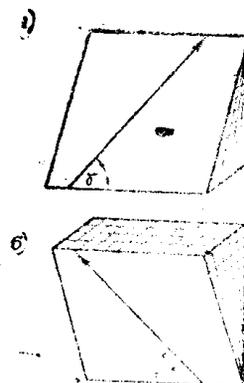


Рис. 4

Что касается знака перед третьим членом правой части формулы (1), то необходимо придерживаться следующего правила. Если повернем изображенный на плане дизъюнктив так, что сместитель будет падать на нас, то в том случае, когда пласт будет падать направо, нужно брать знак (+), а если налево, брать знак (—).

Анализируя формулу (1) применительно к различным формам дизъюнктивов, можно заметить, что положительное значение  $l$  для согласнопadaющих взбросовых нарушений соответствует таким дизъюнктивам, у которых крылья при смещении образуют сдвоение пласта (рис. 3), а для несогласнопadaющих нарушений — зияние пласта (рис. 5). Если значение  $l$  будет отрицательное, то наоборот, для согласнопadaющих взбросовых нарушений будет соответствовать зиянию пласта (рис. 6), а для несогласнопadaющих — сдвоению пласта (рис. 7).

Эта зависимость между знаком  $l$  и взаиморасположением крыльев относительно друг друга и положена в основу применения формулы (1) для поисков смещенного крыла пласта. В самом деле, если мы имеем дело со взбросовыми нарушениями, то величина  $H$  всегда будет положительной,

а следовательно, в зависимости от знака перед величиной  $l$  выражение, стоящее в скобках, должно быть или положительное, или отрицательное. С другой стороны, зная значения углов  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\omega$  и  $\gamma$  и подставив их в выражение, стоящее в скобках формулы (1), мы можем определить знак этого выражения и тем самым определить знак величины  $l$ . Зная же знак перед величиной  $l$ , мы можем легко определить взаиморасположение крыльев относительно друг друга.

На первый взгляд этот метод кажется сложнее графического. Однако это неверно. Для выражения, стоящего в скобках формулы (1), нами составлен специальный график (1). Пользуясь этим графиком, можно без

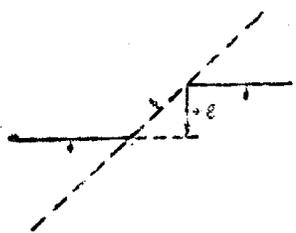


Рис. 5

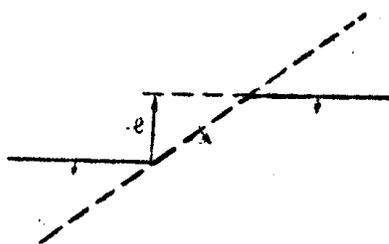


Рис. 6

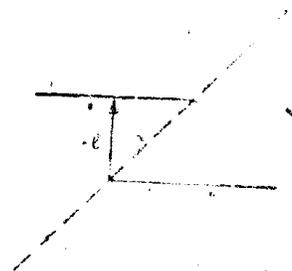


Рис. 7

вычисления легко и просто определить знак и абсолютную величину этого выражения. Кроме того, этот метод обладает еще и следующими преимуществами.

1. Как и всякий аналитический метод, он дает более точный результат, чем графический метод.

2. Пользуясь аналитическим методом, представляется возможным для каждого дизъюнктива в отдельности легко проверить правильность наших выводов, если мы для этого учтем ошибки, которые нами допускаются при замерах элементов залеганий.

3. Пользуясь этим методом, мы после расшифровки дизъюнктива, когда будет известно значение величины  $l$ , с помощью формул проф. И. А. Молчанова сумеем легко вычислить вертикальную и наклонную высоту перемещения, а также и полную амплитуду перемещения.

Этот метод поисков смещенного крыла пласта был нами разработан в 1936 г. Затем, с 1937 по 1940 г. он проверялся в Прокопьевском и частично Анжерском районах Кузбасса. За это время с помощью этого метода было расшифровано около двухсот дизъюнктивов, при этом не было зафиксировано ни одного случая неправильного решения.

В январе 1940 г. на конференции шахтовых геологов Кузбасса были заслушаны доклады главного геолога треста „Сталинугля“ В. А. Азимова и старшего геолога шахты им. И. В. Сталина В. А. Мовина о применении этого метода в Прокопьевском районе.

В обоих докладах этому методу была дана положительная оценка. Общее мнение было таково, что в условиях Кузбасса, при наличии резко выраженной фациальной изменчивости боковых пород как в вертикальном, так и в горизонтальном сечениях, при отсутствии маркирующих горизонтов, этот метод дает большой производственный эффект. На этой же конференции была принята разработанная нами специальная инструкция по применению этого метода к поискам смещенного крыла пласта.

Таким образом, можно считать, что в результате применения этого метода на производстве он получил полное признание. Поэтому мы считаем необходимым остановиться на некоторых итогах его применения.

## Специфические черты тектоники Прокопьевского района

Прокопьевский район, где главным образом и применяется наш метод, является наиболее сложным в тектоническом отношении районом Кузбасса. Располагаясь на юго-западной окраине бассейна, в непосредственной близости к предгорьям Салаира, он подвергался весьма интенсивной дислокации, благодаря чему угленосная толща района оказалась собранной в многочисленные крутые складки северо-западного, близкого к меридиональному простиранию, осложненные большим количеством дизъюнктивов. Последние представляют почти всю гамму форм дизъюнктивов по классификации акад. М. А.

Усова (рис. 8): согласные и несогласные взбросы, прямые и обратные надвиги, сдвиги, а также послынные перемещения.

Среди большого количества дизъюнктивов этого района можно выделить дизъюнктивы первого порядка, которые имеют форму согласных и несогласных взбросов со значительной амплитудой перемещения. Сместители этих дизъюнктивов имеют довольно крутое падение и секут свиту пород по простиранию под очень острым углом  $5-10^\circ$ .

Кроме этих нарушений, угленосные отложения разбиты густой сетью дизъюнктивов второго и более высокого порядка со значительно меньшей амплитудой перемещения. Формы этих дизъюнктивов более разнообразны. Среди них имеют большое распространение согласные и несогласные взбросы, прямые и обратные надвиги, а также сдвиги.

В большинстве случаев сместители этих дизъюнктивов сопряжены со сместителями дизъюнктивов первого порядка, подходя к ним под более или менее острым углом. Они возникли, очевидно, в результате разрядки напряжений, которые создавались в боках дизъюнктивов первого порядка, а поэтому могут рассматриваться как их апофизы.<sup>1)</sup>

Наибольшую трудность для эксплуатации месторождения и особенно для поисков смещенного крыла пласта представляют дизъюнктивы второго и более высокого порядка. Эти трудности определяются тем, что большинство этих дизъюнктивов не удается зафиксировать во время обычной разведки шахтных полей с поверхности, поэтому горные выработки подсекают их совершенно неожиданно. Кроме того, при наличии густой сети этих дизъюнктивов часто трудно установить закономерности в распределении их форм, так как на сравнительно небольших отрезках одного и того же пласта можно наблюдать все встречающиеся в Прокопьевском районе формы дизъюнктивов.

Следовательно, такие дизъюнктивы, будучи подсечены горной выработкой, представляют довольно сложную задачу, которую необходимо разрешить быстро и при наименьшей затрате средств. Посмотрим, каким образом разрешали эту задачу до появления нашего метода.

При встрече нового дизъюнктива забой подвергался тщательному исследованию. При этом особое внимание обращалось на руководящие горизонты, изгибы волочения и сравнение литологического состава пород

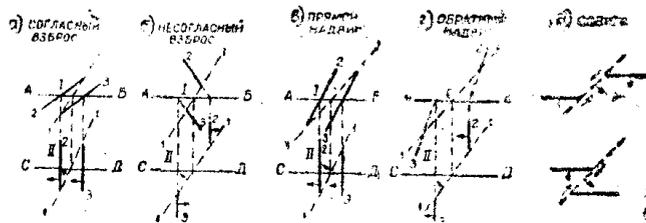


Рис. 8

<sup>1)</sup> В дальнейшем мы установили, что густая сеть дизъюнктивов второго и более высокого порядка образовалась в результате разрядки напряжений по плоскостям кливажных трещин.

в боках сместителя. Если удавалось обнаружить руководящие горизонты—проводники (небольшой мощности пласты угля, залегающие в кровле или почве пласта), пропластки ожелезненных пород, конгломераты, горизонты с флорой и фауной и проч., то тогда определяли не только направление, в котором необходимо искать смещенное крыло пласта, но и с достаточной точностью определяли амплитуду перемещения. Если удавалось обнаружить в забое изгибы волочения, т. е. подвороты пластов вблизи нарушения, или установить за нарушением породы висячего или лежащего бока, то на основании этих данных легко было определить направление горной выработки на смещенное крыло пласта. Одним словом, если в результате исследования забоя обнаруживали какой-либо геологический критерий, который прямо или косвенно указывал на направление движения смещенного крыла пласта, то задача поисков смещенного крыла пласта решалась сравнительно просто.

Однако необходимо отметить, что далеко не все эти критерии одинаково надежны и не всегда они имеются при исследовании дизъюнктива в горной выработке. Руководящими горизонтами Кузнецкий бассейн вообще весьма беден, и поэтому в поле зрения исследователя в забое они попадают очень редко. Изгибы волочения встречаются также нечасто, причем на небольшой площади забоя горной выработки их иногда не удается выявить. Что же касается литологического состава пород в боках сместителя, то в силу резкой фациальной изменчивости пород Кузбасса этот критерий может легко привести исследователя к ошибочным выводам. Поэтому его приходится применять для поисков смещенного крыла пласта с большой осторожностью и только в тех случаях, когда породы почвы и кровли пласта резко отличаются друг от друга и, кроме того, есть уверенность, что как по простиранию, так и по падению пласта они выдерживают свой состав хотя бы на небольших расстояниях.

Обычно в тех случаях, когда в результате тщательного исследования дизъюнктива в забое не удается установить надежные геологические критерии, прибегали к поискам смещенного крыла пласта с помощью разведочных выработок—орт, небольшого сечения штреков, квершлагов и подземных скважин. При этом, когда задавались направления горноразведочных выработок, исходили из того, что все дизъюнктивы являются простыми, т. е. такими, в которых смещенные крылья перемещаются относительно друг друга или по линии восстания сместителя—взбросы и надыги, или по линии простирания сместителя—сдвиги.

Такой подход к дизъюнктивам открывал большие возможности для поисков смещенного крыла пласта. Достаточно было определить форму дизъюнктива в забое, как по геометрическому взаиморасположению крыльев дизъюнктивов можно легко находить смещенное крыло пласта. На эту возможность неоднократно указывал акад. М. А. Усов. В одной из своих замечательных работ по рудничной тектонике Кузбасса [11] он пишет: „Согласные взбросы очень удобны в промышленном отношении, ибо как в вертикальном, так и в горизонтальном сечении пласт на некотором протяжении является сдвоенным, что повышает запасы угля; кроме того, поиски смещенного крыла нарушения не представляют каких-либо затруднений и могут производиться на том же горизонте, где пласт был срезан квершлагом по кратчайшему направлению по другую сторону трещины“.

Наиболее четко на этом основании сформулировал поиски смещенного крыла пласта П. Ф. Красников, который в своей работе по Прокопьевскому району [4], давая характеристику согласного взброса, писал: „Эта форма характеризуется тем, что сместитель падает в ту же сторону, что и пересекаемый им пласт или свита, имея по сравнению с пластом более крутое падение... Как в вертикально поперечном, так и горизонтальном

сечении крылья пласта перекрывают друг друга, почему эта форма дислокации очень удобна для эксплуатации.

В связи с этим нужно отметить, что поиски другого крыла согласного взброса не представляют особых затруднений и могут проводиться следующим образом.

1. Гладкое срезание трещиной, падающей круче пласта, указывает на согласный взброс, как на наиболее вероятную форму встреченного нарушения.

2. Пройдя по пласту, пересекаемому взбрасывателем, до конца срезания пласта, необходимо идти квершлагом на другую сторону трещины, чтобы по кратчайшему направлению найти перемещенное крыло пласта". Подобно этому он формулирует правила поисков смещенного крыла пласта также и для остальных дизъюнктивов.

Следует, однако, отметить, что даже при таком упрощенном и, как увидим ниже, совершенно неверном представлении о характере движения крыльев дизъюнктивов в Кузбассе и особенно в Прокопьевском районе этот метод поисков смещенного крыла пласта мог применяться только к взбросам, поскольку согласные и несогласные взбросы легко отличимы в забое. Что же касается прямого и обратного надвигов, то для них даже в этом случае невозможно было применить данный метод, так как по взаимоотношению элементов залегания пласта и сместителя нельзя отличить прямой надвиг от обратного. Обе эти формы дизъюнктивов, как известно, характеризуются согласным падением пласта и сместителя, при этом как в прямом, так и в обратном надвиге сместитель имеет более пологое падение, чем пласт.

Проверка и применение нашего метода со всей очевидностью показали, что в Кузбассе и особенно в Прокопьевском районе мы имеем дело не с простыми, а со сложными дизъюнктивами, у которых смещенные крылья перемещались относительно друг друга в произвольно наклонном направлении. Такие дизъюнктивы вернее называть не взбросами, и надвигами, а взбросо- или надвигосдвигами, так как здесь полная амплитуда перемещения  $R$  (рис. 9) может быть разложена на два элемента:  $h$ —элемент взброса и  $\lambda$ —элемент сдвига. Очевидно, что абсолютные величины  $h$  и  $\lambda$  будут зависеть от значения угла  $\gamma$ . Чем ближе угол  $\gamma$  будет приближаться к  $0$  или  $180^\circ$ , тем элемент сдвига  $\lambda$  будет возрастать больше, а элемент взброса  $h$  уменьшаться. Наоборот, чем ближе угол  $\gamma$  будет приближаться к  $90^\circ$ , тем больше будет уменьшаться элемент сдвига  $\lambda$  и увеличиваться элемент взброса  $h$ .

Из многочисленных наших наблюдений за штриховкой зафиксировано немного случаев, когда угол  $\gamma$  превышал  $45-50^\circ$  или был бы меньше  $130-135^\circ$ . В большинстве случаев значение угла  $\gamma$  колебалось в пределах  $10-50^\circ$  и  $170-130^\circ$ . Таким образом элемент сдвига почти всегда преобладал над элементом взброса. Ясно, что при таких значениях угла  $\gamma$  независимо от формы дизъюнктива на расположение крыльев относительно линии сместителя будет влиять направление перемещения крыльев пласта.

Разберем это на примере. Допустим, что встреченное нарушение имеет элементы залегания согласного взброса (рис. 10). Если при этом угол  $\gamma = 90^\circ$ , то будем иметь простой согласный взброс и, следовательно, смещенное крыло пласта должно занимать положение  $MM$ . Здесь величина видимого горизонтального смещения  $l$  на данном горизонте образуется

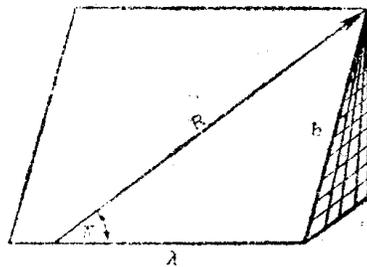


Рис. 9

только за счет элемента взброса и, очевидно, что при одном и том же значении вертикальной высоты дизъюнктива величина  $l$  будет зависеть от угла падения пласта.

Если угол  $\gamma > 90^\circ$ , то здесь уже появляется элемент сдвига, причем в данном случае  $\lambda$  будет совпадать с падением пласта, следовательно, величина  $l$  будет еще больше увеличиваться. Смещенное крыло пласта займет положение NN.

При значении угла  $\gamma < 90^\circ$  элемент сдвига  $\lambda$  будет направлен в другую сторону, против падения пласта и, следовательно, величина  $l$  будет уменьшаться. Здесь возможны три случая.

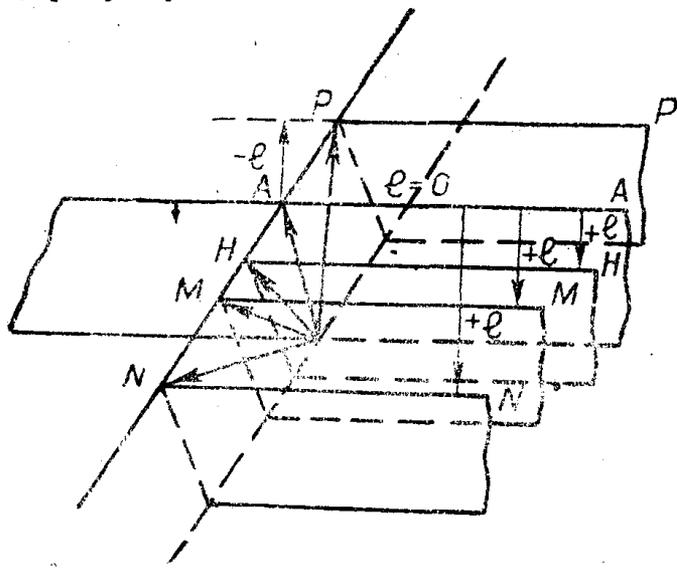


Рис. 10

Здесь возможны три случая.

1. Значение угла  $\gamma$  близко к  $90^\circ$ . Величина  $l$  будет незначительна. Величина  $l$  остается еще положительной, но сдвиг пласта уменьшается. Смещенное крыло пласта занимает положение NN.

2. Значение угла  $\gamma$  такое, при котором  $l = 0$ . Такая форма дизъюнктива возможна в том случае, когда линия перемещения пласта по сместителю совпадает с линией скрещивания пласта со сместителем, при этом видимость разрыва

пласта в горизонтальном сечении не будет. Смещенное крыло пласта займет положение AA.

3. Значение угла  $\gamma$  ближе к 0. Здесь величина элемента сдвига  $\lambda$  настолько большая, что  $l$  становится отрицательной и, вместо сдвоя крыльев пласта, получается зияние их. Смещенное крыло занимает положение PP.

Из разобранных примера сложного согласного взброса видно, что не только для надвигов, но и вообще для любой формы дизъюнктива невозможно определить положение смещенного крыла пласта по взаимоотношению элементов залегания пласта и сместителя, ибо в зависимости от значения угла  $\gamma$  расположение крыльев пласта может быть различно.

Вот почему метод поисков смещенного крыла пласта, основанный на неправильном представлении о характере движения крыльев пласта относительно друг друга, нельзя применять в Кузбассе, ибо в действительности мы имеем дело не с простыми, а со сложными дизъюнктивами. Впрочем, в настоящее время сами шахтовые геологи на своем личном опыте уже убедились в ошибочности этого метода.

Наш метод наряду с надежными геологическими критериями или тем более в отсутствии их позволяет совершенно объективно и вместе с тем легко и просто решать задачу поисков смещенного крыла пласта для сложных дизъюнктивов.

В следующей главе мы приводим из многочисленного количества расшифрованных дизъюнктивов на шахтах Прокопьевского района лишь наиболее интересные примеры, которые ярко иллюстрируют эффективность нашего метода.

## Некоторые итоги применения метода

Впервые наш метод в Прокопьевском районе Кузбасса стал применяться летом 1937 г. Начали мы с проверки его на известных и ранее расшифрованных дизъюнктивах. Обследуя эти дизъюнктивы, мы находили на поверхностях сместителей штриховку, измеряли по ней угол  $\gamma$  и затем применительно к данному дизъюнктиву устанавливали по формуле (1) взаиморасположение крыльев пласта относительно сместителя. Таким образом мы обследовали в первый же месяц нашей работы на шахтах им. Сталина, 3—3 бис, им. Молотова и им. Ворошилова около 30 дизъюнктивов, причем во всех случаях было полное совпадение наших выводов с действительным взаиморасположением крыльев пласта.

Уже в начале проверки этого метода для нас стало ясно, что он дает положительные результаты, поэтому мы тогда же решили применить его к расшифровке новых нарушений. Для этой цели геологический отдел шахты им. Сталина предложил нам расшифровать нарушение по пласту VI Внутреннему западного крыла антиклинали „Муравейник“, встреченное основным штреком на горизонте 215 м, в 150 м южнее главного квершлага шахты. Это нарушение (рис. 11) имело элементы залегания соглас-

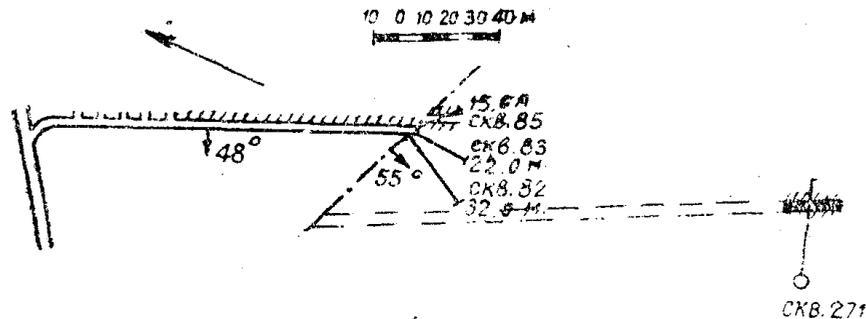


Рис. 11

ного взброса. Азимут простираения сместителя  $297^\circ$ , угол падения  $55^\circ$ , азимут простираения пласта  $344^\circ$  и угол падения  $45^\circ$ .

Перед тем как предложить нам это нарушение, геологи шахты подробно исследовали его в забое выработки. Результаты этого исследования не дали возможности определить местоположение смещенного крыла пласта, так как литологический состав пород в почве и кровле пласта VI Внутреннего однороден, а другие геологические критерии в забое не были обнаружены. Однако, рассматривая это нарушение как простой дизъюнктив, они пришли к выводу, что здесь будет сдвоение пласта и, следовательно, смещенное крыло нужно искать к западу от забоя штрека. Такому выводу способствовала также скважина № 271, которая подсекала пласт VI Внутренний на данном горизонте в 160 м южнее нарушения, так что если из точки пересечения этой скважиной пласта провести последний параллельно пласту, расположенному в лежащем боку дизъюнктива, то он подойдет к дизъюнктиву с западной стороны забоя выработки.

Когда нам предложили применить наш метод на этом нарушении, у геологов шахты уже сложилось определенное мнение о направлении, в котором необходимо искать смещенное крыло пласта. Нами было вторично исследовано нарушение, при этом на поверхности сместителя мы обнаружили хорошо выраженную штриховку. Угол  $\gamma$  оказался равным  $40^\circ$ , а угол  $\omega$ , взятый из плана горных работ, был равен  $134^\circ$ . Следовательно, мы получили все необходимые данные для решения по формуле (1). Приведем это решение.

Дано:  $\alpha = 45^\circ$ ,  $\beta = 55^\circ$ ,  $\omega = 134^\circ$  и  $\gamma = 40^\circ$ .

Подставим эти величины в выражение, стоящее в скобках формулы (1)

$$\operatorname{ctg} 45^\circ - \operatorname{ctg} 55^\circ \cos 134^\circ - \frac{\operatorname{ctg} 40^\circ \sin 134^\circ}{\sin 55^\circ}$$

В данном случае, согласно нашему правилу знаков, перед третьим членом этого выражения нужно взять знак (—), так как если мы будем смотреть на сместитель со стороны всячего бока дизъюнктива, то пласт падает влево.

Затем по таблице натуральных тригонометрических величин выписываем:

$$\begin{array}{ll} \operatorname{ctg} 45 = 1,000, & \operatorname{ctg} 40 = 1,192, \\ \operatorname{ctg} 55 = 0,700, & \sin 134 = 0,719, \\ \cos 134 = 0,695, & \sin 55 = 0,819. \end{array}$$

Определяем численные значения отдельных членов:

1.  $\operatorname{ctg} 45 = 1,000$ ,
2.  $\operatorname{ctg} 55 \cos 134 = 0,700 (-0,695) = -0,486$ ,
3.  $\frac{\operatorname{ctg} 40 \sin 134}{\sin 55} = \frac{1,192 \cdot 0,719}{0,819} = 1,045$ .

Теперь, подставив эти величины в наше выражение, находим:

$$1,000 - 0,486 - 1,045 = -0,531.$$

Применительно к данному дизъюнктиву, выражение, стоящее в скобках формулы (1), оказалось отрицательным, следовательно, отрицательной является и величина  $l$ . Мы уже знаем, что отрицательное значение  $l$  для согласнопadaющих взбросовых нарушений соответствует зиянию крыльев пласта, и поэтому смещенное крыло пласта необходимо искать не к западу, а к востоку от забоя выработки. Ясно, что этот дизъюнктив не простой, а сложный, с преобладанием элемента сдвига над элементом взброса, причем в данном случае элемент сдвига направлен против падения пласта, что и обусловило раздвигание крыльев. Поэтому этот дизъюнктив правильней называть не просто согласный взброс, а согласный взбросо-сдвиг.

Таким образом, наш вывод был прямо противоположен выводу геологов шахты, однако они с ним не согласились и решили задать горизонтальную скважину № 82 на запад от забоя выработки. Из рис. 11 видно, что скважина № 82, пробуренная на глубину 32,6 м, смещенное крыло пласта не обнаружила. Стало ясно, что наше решение правильно, тем не менее, геологический отдел шахты решил задать еще скважину № 83, полагая, что пласт мог пройти несколько восточней скважины № 82. Но и скважина № 83, пробуренная на глубину 22,4 м, не встретила пласта. Тогда ничего не оставалось делать, как задать скважину № 85 восточнее забоя выработки, которая через 6 м и подсекла смещенное крыло пласта.

Так, благодаря совершенно неправильному представлению о характере движения крыльев дизъюнктивов относительно друг друга были затрачены напрасно средства на бурение двух скважин, задержан больше чем на месяц забой выработки, тогда как наш метод указывал сразу правильное направление, в котором нужно было искать смещенное крыло пласта.

Среди большого количества наших наблюдений в Прокопьевском районе Кузбасса имеется много подобных разобранным дизъюнктиву, когда благодаря движению всячего крыла нарушения против падения пласта у согласного взброса вместо сдвоения пласта получается зияние, а у несогласного взброса вместо зияния—сдвоение пласта. В последнем случае нашим методом можно также легко находить смещенные крылья пласта

Так, в шахте им. Ворошилова, по пласту Горелому шахты № 5-север, встретили штреком несколько дизъюнктивов с элементами залегания несогласного взброса. В одном из этих дизъюнктивов (рис. 12а) нами была обнаружена штриховка, при этом замеренный угол  $\gamma$  оказался равным  $20^\circ$ . Азимут простирания сместителя этого дизъюнктива —  $210^\circ$ . Угол падения

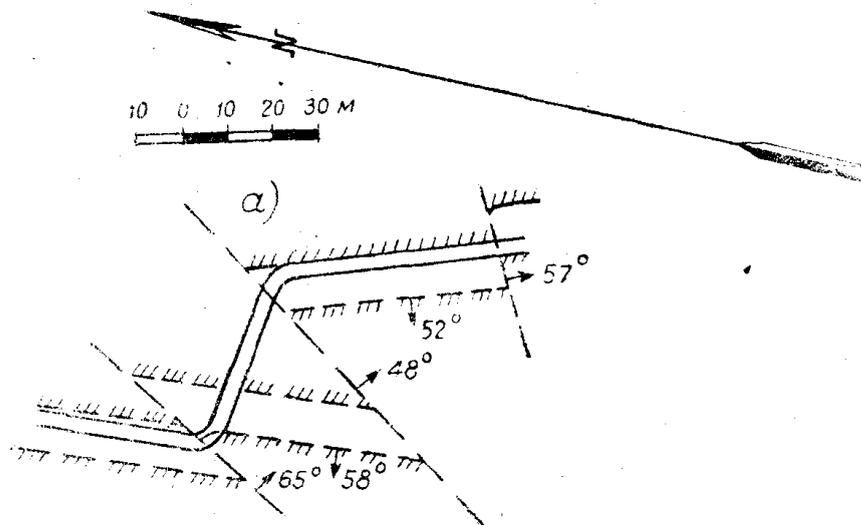


Рис. 12

сместителя —  $48^\circ$ . Азимут простирания пласта  $150^\circ$  и угол падения пласта —  $52^\circ$ . Таким образом, мы получили все необходимые данные для определения направления поисков смещенного крыла пласта по формуле (1).

Дано:  $\alpha = 52^\circ$ ,  $\beta = 48^\circ$ ,  $\omega = 50^\circ$ ,  $\gamma = 20^\circ$ .

Так же, как и в первом случае, произведя все необходимые вычисления, мы получим

$$0,781 + 0,579 - 2,820 = -1,460.$$

Следовательно, выражение, стоящее в скобках формулы (1), получилось отрицательным, значит отрицательная будет и величина  $l$ . А мы знаем из предыдущего, что для несогласнопадающего взбросового нарушения отрицательное значение  $l$  всегда соответствует сдвоению пласта, поэтому смещенное крыло пласта нужно искать западней забоя выработки. Как видим из рис. 2, наше решение оказалось правильным. Здесь также мы имеем дело не с простым, а со сложным дизъюнктивом. Его правильней называть несогласный взбросо-сдвиг.

С точки зрения применения нашего метода, весьма интересным является дизъюнктив, о котором доложил на конференции шахтовых геологов Кузбасса в январе 1940 г. старший геолог шахты им. Сталина В. А. Минин. Этот дизъюнктив был встречен печью по пласту VI Внутреннему западного крыла антиклинали „Муравейник“, в 20 м по восстанию пласта от южного основного штрека горизонта 215 м. Этот дизъюнктив имел элементы залегания несогласного взброса (рис. 13). Азимут простирания сместителя  $148^\circ$ , угол падения  $66^\circ$ . Азимут простирания пласта  $242^\circ$  и угол падения  $55^\circ$ .

Для этого дизъюнктива необходимо было быстро найти смещенное крыло пласта. Как видно из рис. 13, у самого забоя печи был обнаружен значительный подворот пласта к сместителю дизъюнктива. Вообще в Кузбассе подвороты пласта к сместителям дизъюнктивов являются довольно надежным критерием для определения направления поисков смещенного

крыла пласта, поэтому в данном случае у шахтового геолога были основания для того, чтобы направить выработку восточнее забоя печи, ибо характер подворота пласта указывал именно на это направление. Однако при исследовании поверхности сместителя была найдена штриховка,

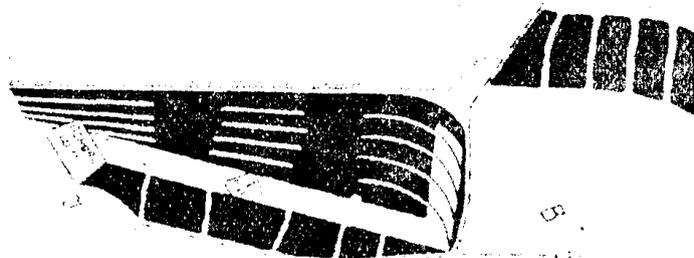


Рис. 13

во которой измерили угол  $\gamma$  равный  $140^\circ$ . Таким образом представилась возможность решить этот дизъюнктив и по нашему методу.

Дано:  $\alpha = 55^\circ$ ,  $\beta = 66^\circ$ ,  $\omega = 14^\circ$  и  $\gamma = 140^\circ$ .

По предыдущему подставляем эти величины в выражение, стоящее в скобках формулы (1), и, произведя все необходимые вычисления, получаем:

$$0,700 + 0,432 - 0,315 = 0,817.$$

Таким образом, выражение, стоящее в скобках формулы (1), оказалось положительным, следовательно, положительной является и величина  $l$ . Из предыдущего мы знаем, что положительное значение  $l$  для несогласного взброса соответствует зиянию крыльев пласта, и поэтому смещенное крыло пласта нужно искать западной забоя печи.

Таким образом были получены два противоположных вывода. Подвороты пласта к сместителю дизъюнктива указывали на необходимость поворачивать выработку на восток, а наш метод—на запад относительно забоя печи.

Этот дизъюнктив встречен был в ноябре 1939 г., когда наш метод уже зарекомендовал себя с положительной стороны на большом количестве нарушений. Геолог В. А. Монин на своем собственном опыте убедился в эффективности его, поэтому он направил печь не в восточную, а в западную сторону, т. е. в том направлении, в котором указывал наш метод. Как видно из рисунка, он не ошибся: через несколько метров печь встретила смещенное крыло пласта.

Что касается подворотов пласта, то они были вызваны, вероятно, крупным нарушением JJ, которое в данном месте, на протяжении более 500 м по простиранию, проходит непосредственно по почве пласта. Благодаря этому нарушению уголь в почве сильно помят, а мощность пласта вследствие растяжения уменьшилась местами больше чем на половину.

Разобранные три примера достаточно убедительно иллюстрируют значение нашего метода для поисков смещенного крыла пласта. Но не только в этом его достоинство. Применение этого метода позволило попутно решить и поставить целый ряд очень важных вопросов о характере тектоники Прокопьевского района.

Так, среди геологов Прокопьевского района было весьма распространено мнение о наличии в районе так называемых шарнирных дизъюнктивов. К ним относили, например, нарушение, встреченное пластами VI и IV Внутренними на западном крыле малой антиклинали шахты им. Сталина (рис. 14а). Это дизъюнктивное нарушение, хорошо прослеженное основными штреками и главными квершлагами шахты на горизонте 265

и 215 м, оказалось интересным в том отношении, что, пересекая одновременно два пласта, оно образует на каждом из них различные формы дизъюнктива—по пласту VI Внутреннему—прямой надвиг (рис. 14б), а по пласту IV Внутреннему—согласный взброс (рис. 14в). Отсюда делали вывод, что где-то между пластами по простиранию сместителя есть центр, вокруг которого оба крыла повернулись относительно друг друга на некоторый угол, при этом висячий бок пласта VI Внутреннего опустился вниз, а IV Внутреннего поднялся вверх.

При этом выводе опять сыграло свою отрицательную роль неправильное представление о характере движения крыльев дизъюнктива относительно друг друга. Геологи считали этот дизъюнктив простым, тогда как в самом деле он оказался сложным. Кроме того, благодаря некоторым работам по рудничной тектонике Кузбасса (4; 8; 11; 12; 13; 14) считалось, что прямой надвиг образуется только при опускании висячего бока нарушения, тогда как мы еще в 1936 г. доказали [1], что эта форма дизъюнктива может образоваться и при перемещении висячего бока вверх.

Анализ этого дизъюнктива нашим методом позволил сделать другой вывод. Дело в том, что замеренный нами угол  $\gamma$  по пласту VI Внутреннему оказался равным  $42^\circ$ , а по пласту IV Внутреннему— $20^\circ$ . Следовательно, в данном случае висячие крылья обоих пластов не только подымались вверх, но в то же время и в более значительной степени перемещались по простиранию сместителя. При этом перемещение висячего крыла дизъюнктива происходило в сторону падения пластов, почему по пласту VI Внутреннему получилось сдвоение пласта, хотя, судя по взаимоотношению элементов залегания пласта и сместителя, в случае простого дизъюнктива, здесь мог бы образоваться обратный надвиг, который, как мы знаем, дает зияние пласта.

Это обстоятельство и не учитывалось геологами Прокопьевского района. В действительности, как вытекает из наших наблюдений за штриховкой, здесь не шарнирное, а обычное взбросо-сдвиговое нарушение.

Применение нашего метода, кроме того, позволяет установить в сложных дизъюнктивах форму надвига, что имеет не только теоретическое, но и весьма большое практическое значение.

Мы уже отмечали, что в отличие от взбросов, форму надвигов по взаимоотношению элементов залегания пласта и сместителя невозможно установить. При наличии сложных дизъюнктивов прямой и обратный надвиги трудно отличить также и по взаиморасположению крыльев пласта относительно сместителя, так как при небольших значениях угла  $\gamma$  и соответствующем направлении перемещений смещенного крыла пласта в прямом надвиге может образоваться вместо сдвоения зияние пласта, а у обратного надвига вместо зияния—сдвоение пласта.

Таким образом, форму надвига можно установить только для простых дизъюнктивов. Иначе говоря, если мы будем уметь в каждом отдельном

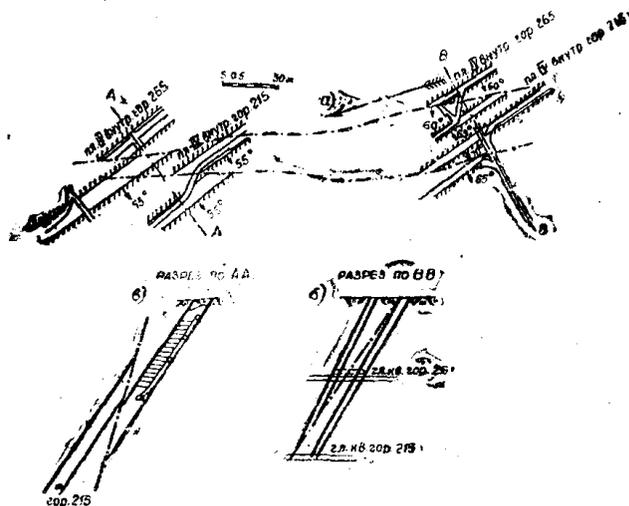


Рис. 14

случае приводить сложные нарушения к простым и затем восстанавливать, какое при этом должно быть взаиморасположение крыльев пласта относительно сместителя, то тогда мы сумеем определить форму любого дизъюнктива, в том числе и надвига.

Эта задача—приведение сложных дизъюнктивов к простым очень просто решается при помощи уже известной нам формулы сложного диагонального дизъюнктива.

Напишем эту формулу снова

$$l = H \left( \operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta \cos \omega \pm \frac{\operatorname{ctg} \gamma \sin \omega}{\sin \beta} \right).$$

Если мы обратимся к выводу этой формулы (7), то увидим, что первые два члена выражения, стоящего в скобках формулы, характеризуют простой дизъюнктив, когда перемещение крыльев происходило только по линии восстания сместителя; третий член этого выражения учитывает горизонтальную составляющую при перемещении крыльев в произвольно наклонном направлении. Следовательно, первые два члена этого выражения будут всегда указывать на вертикальную составляющую движения крыльев нарушения, а сумма всех трех членов—на направление, в котором мы должны искать смещенное крыло пласта.

Разберем это на конкретном примере.

На шахте им. И. В. Сталина южным основным штреком на горизонте 215 м по пласту Прокопьевскому II западного крыла Голубевской анти-

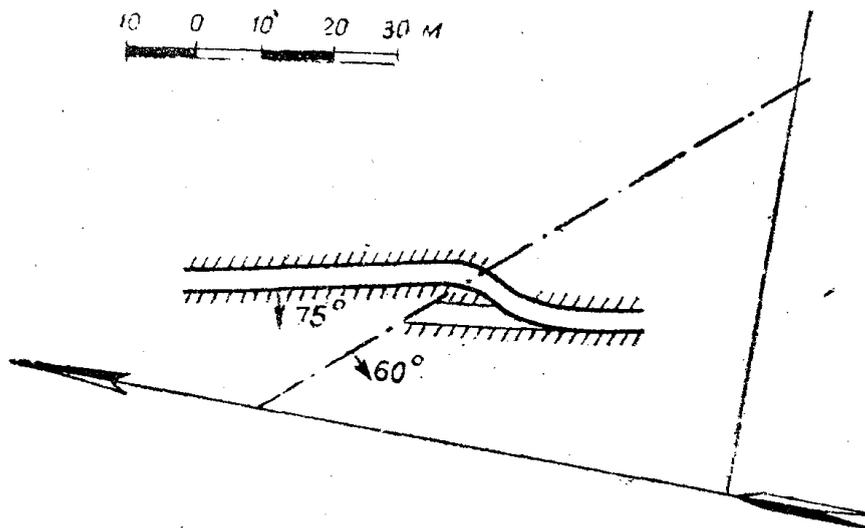


Рис. 15

клинали был встречен дизъюнктив с элементами залегания надвига (рис. 15). Азимут простирания сместителя этого нарушения равен  $320^\circ$ . Азимут простирания пласта— $345^\circ$ . Остальные данные имели следующие значения:  $\alpha = 75^\circ$ ,  $\beta = 60^\circ$ ,  $\omega = 155^\circ$  и  $\gamma = 170^\circ$ .

После уже известных нам вычислений мы получили такой окончательный результат

$$0,268 - 0,523 + 1,156 = 0,901.$$

Здесь сумма всех трех членов дает нам положительную величину, что соответствует для согласопадающих взбросовых нарушений сдвоению пласта. Установив таким образом взаиморасположение крыльев пласта относительно сместителя этого дизъюнктива, как видно из рис. 15, была задана правильно горная выработка на смещенное крыло пласта.

Однако первые два члена этого выражения дают нам отрицательную величину. Это позволяет нам сделать вывод, что если бы это нарушение было простое, т. е. угол  $\gamma$  равнялся бы  $90^\circ$ , то в данном случае было бы зияние крыльев, а следовательно, это нарушение необходимо отнести к обратному надвиго-сдвигу. Таким образом, применяя наш метод, можно легко определять и форму надвигов.

Здесь уместно отметить, что рудничные геологи, даже Прокопьевского района, до сих пор не учитывают при определении формы надвигов элемента сдвига, вследствие чего часто называют их неправильно. Необходимо с этой точки зрения пересмотреть старые определения и установить действительные формы надвигов.

Далее необходимо отметить, что с помощью нашего метода удалось доказать ошибочность выделения в Прокопьевском районе так называемых поперечных сбросов, к которым обычно относят поперечные дизъюнктивы на западном крыле антиклинали „Муравейник“ (рис. 16).

Некоторые геологи, например Б. С. Крупенников, выделяют их даже в особый тип дизъюнктивов Прокопьевского района. Так, в одной из

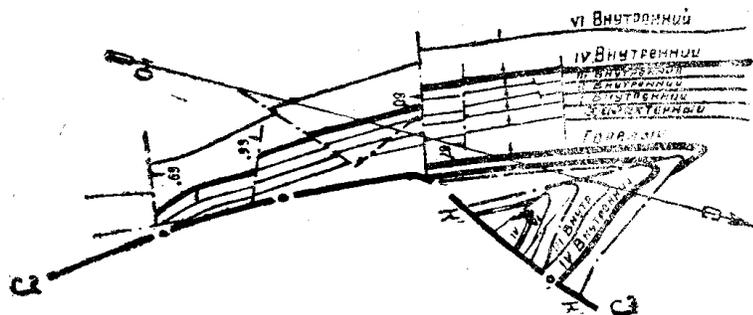


Рис. 16

своих работ [5], имея в виду эти дизъюнктивы, он пишет: „И, наконец, наименее изученный третий тип нарушений—поперечные сбросы, прослеженные и горными работами и фиксированные разведкой“...

М. А. Усов [14] также относит эти нарушения к сбросам, при этом он дает весьма оригинальное объяснение образованию их. Рассматривая структуру этой антиклинали, он пишет: „Из структуры видно, что при тангенциальном движении наиболее поднято было юго-западное крыло антиклинали и взброса. И когда вслед за этим основным приступом сжатия последовало в качестве естественной реакции расширение, то, будучи в эту фазу довольно значительным, оно отразилось прежде всего и главным образом на данном приподнятом крыле. Последнее стало скользить под влиянием собственной тяжести вниз по сместителю взброса, и так как перемещение было неравномерным, затухая к замку антиклинали, то крыло разбилось по поперечным трещинам, падающим на юг, на блоки, постепенно осевшие друг относительно друга в этом направлении“.

Ошибочность в трактовке этих дизъюнктивов вытекает также из неправильного представления о движении крыльев дизъюнктивов относительно друг друга. Если бы они были простые, то тогда их можно было рассматривать как сбросовые дизъюнктивы. Однако в действительности они оказались сложными.

До сих пор эти дизъюнктивы были известны только по старым горным работам штольни № 10 на горизонте 265 м. В последние годы они были вскрыты горными работами шахты им. И. В. Сталина на горизонте 215 м, где и удалось нам на двух сместителях по пласту VI Внутреннему наблюдать хорошо выраженную штриховку и измерить по ней угол. Один

из этих дизъюнктивов был встречен южным основным штреком в 150 м от главного квершлага шахты и подробно описан нами в начале этой главы (рис. 11). Другой дизъюнктив (рис. 17) был встречен северным штреком, в 200 м от того же квершлага.

Как нам уже известно из описания первого дизъюнктива, угол  $\gamma$  оказался здесь равным  $40^\circ$ , во втором он равен  $50^\circ$ . Таким образом, в обоих случаях горизонтальная составляющая направлена против падения пласта, вследствие чего висячие крылья этих дизъюнктивов переместились не в западном, как следовало ожидать при простом дизъюнктиве, а в восточном направлении. Последнее и не учитывалось многими геологами при определении формы этих дизъюнктивов<sup>1)</sup>. В действительности они являются не сбросами, а взбросо-сдвигами, причем, элемент сдвига, как и во многих других дизъюнктивах Прокопьевского района, здесь играл ведущую роль в направлении движения крыльев дизъюнктива относительно друг друга.

В результате применения нашего метода напрашивается еще один вывод, чрезвычайно важный как в теоретическом, так и в практическом отношении. Этот вывод относится к возрасту той фазы тектогенеза, которая создала густую сеть дизъюнктивов Прокопьевского района.

М. А. Усов [14] выделяет следующие фазы тектогенеза, которые принимали участие в формировании современной структуры Кузбасса: судетскую, астурийскую, саальскую, австрийскую, пфальцскую, ниже-и верхнекиммерийские, ларамийскую и рисскую. Первые четыре фазы, являясь наиболее ранними, очень слабо проявили себя и поэтому почти не отразились на складчатой структуре бассейна. Напротив, последние фазы играли ведущую роль. Так, М. А. Усов [14] пишет, что „складчатые

структуры Кузбасса были сформированы в две основные фазы тектогенеза: пфальцскую и верхнекиммерийскую“, а потом „в последнюю мощную ларамийскую фазу тектогенеза складки в более слабых и мобильных зонах, преимущественно—по западной периферии, выкрутились“. Затем М. А. Усов отмечает, что в Кузбассе проявили себя и более поздние фазы тектогенеза, среди которых наиболее резкой была рисская фаза.

Образование тангенциальных дизъюнктивов М. А. Усов связывает со складчатой структурой, при этом он указывает, что частью они заложены в более ранние фазы, но главным образом они образовались в связи с выкручиванием складок в ларамийскую фазу.

1) М. А. Усова в отношении этих дизъюнктивов ввел в заблуждение геолог Ю. А. Урбан, который сообщил ему, что якобы он наблюдал здесь на поверхности сместителей вертикальную штриховку, что не соответствует действительности.

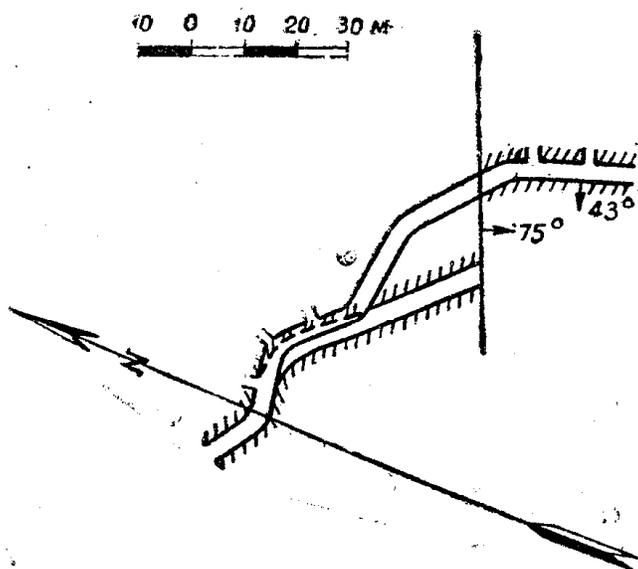


Рис. 17

Таким образом, тектоническая история Кузбасса была чрезвычайно сложна и многообразна. Учитывая это, мы в начале применения нашего метода опасались, что образовавшиеся дизъюнктивы в ранние фазы тектогенеза могли затем в более поздние фазы претерпевать повторные подвижки, затушевывая тем самым первичную штриховку и создавая новую, возможно даже противоположного направления, тем более, что на такие дополнительные подвижки указывал, между прочим, и М. А. Усов, который писал [14] „...сместители дизъюнктивов, даже самых крупных.. не были сцементированы анагенными растворами, и по ним происходили дополнительные подвижки в позднейшие фазы тектогенеза. Из них наиболее резкой была, по имеющимся данным, рисская, когда получили современный облик горные системы Западно-Сибирского края, в частности—Кузнецкий Алатау, ограничивающий Кузбасс с востока и юга“.

Если после образования дизъюнктивов имели место подвижки, несовпадающие по направлению с предыдущей фазой, то, очевидно, в большинстве случаев штриховка, которую мы наблюдаем сейчас на поверхностях сместителей, не отвечала бы истинному движению крыльев дизъюнктивов относительно друг друга, и тогда наш метод оказался бы несостоятельным. Однако до сих пор из большого количества расшифрованных этим методом дизъюнктивов в сравнительно немногих случаях зафиксированы неправильные решения и то все они относятся к дизъюнктивам типа подбросов, следовательно, мы имеем дело с первичной штриховкой.

Вот это последнее положение и заставляет поставить вопрос о возрасте той фазы тектогенеза, которая создала в Прокопьевском районе густую сеть дизъюнктивов. Конечно, трудно сказать только на основании наших наблюдений за штриховкой, какая именно была эта фаза. Для этого необходимы более обширные наблюдения. Однако можно сказать, что или эти дизъюнктивы образовались в одну из наиболее поздних фаз, после которой уже не было сколько-нибудь заметных подвижек, по крайней мере таких, которые вызвали бы дополнительные движения крыльев, или в последующие фазы движение происходило в том же направлении.

Можно надеяться, что в совокупности с другими наблюдениями региональной геологии, в дальнейшем, когда нам удастся обнаружить штриховку на главных линиях разлома, будет возможным установить не только эту фазу, но и с достаточной степенью точности определить направление обусловившего их стресса.<sup>1)</sup>

Наконец, необходимо еще раз отметить, что в результате применения нашего метода удалось выявить действительное направление движения крыльев дизъюнктивов относительно друг друга. Все дизъюнктивы в Прокопьевском районе оказались сложными, с преобладанием элемента сдвига над элементами взброса. Это позволило уточнить установленные акад. М. А. Усовым основные формы дизъюнктивов Кузбасса и внести некоторые поправки в существовавшие ранее взгляды на тектонику Прокопьевского района.

### Методика наблюдений и обработки материалов

Применяя наш метод для поисков смещенного крыла пласта, необходимо знать углы  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\omega$  и  $\gamma$ . Углы  $\alpha$  и  $\beta$  определяются в забое выработки путем обычного измерения горным компасом. Угол  $\omega$  берется или из плана, или вычисляется по азимутам простирания пласта и сместителя. Угол  $\gamma$  замеряется непосредственно на поверхности сместителя.

<sup>1)</sup> В настоящее время есть все основания предполагать, что образование дизъюнктивных нарушений Прокопьевско-Киселевского района нужно связывать с движением Салаирского крижа в северо-восточном направлении.

Ясно, что конечный результат при решении по формуле (1) будет зависеть от правильности и тщательности замеров этих углов. Небрежность в замерах, грубый просчет и несоблюдение необходимых условий могут привести к незаслуженному опорочиванию самого метода. Поэтому на замеры этих углов и на методику наблюдений над элементами залегания пласта и сместителя, а также над штриховкой, приходится обращать особое внимание.

Опыт применения нашего метода в Прокопьевском районе показал, что угол падения пласта необходимо измерять на участке не дальше 100 м от дизъюнктива. У самого дизъюнктива измерять угол падения пласта не рекомендуется, так как вследствие подворотов пласта к сместителю, а также смятия и раздробления пород почвы и кровли, угол падения пласта сильно искажается. Измерять этот угол необходимо как по почве, так и по кровле пласта, причем не менее 8—10 раз в различных местах. Окончательно угол падения пласта необходимо вычислить как средне-арифметическое из этих замеров.

Часто в условиях эксплуатационной шахты могут оказаться по этому пласту горные выработки на других горизонтах, выше и ниже данного. В этом случае необходимо сделать точный поперечный разрез и затем проверить по нему угол падения пласта, замеренный горным компасом.

Особенно большие трудности представляет замер угла падения сместителя. Вообще поверхность сместителя не является идеальной плоскостью, особенно в Прокопьевском районе, где она часто бывает значительно искривленной. Поэтому ограничиваться замером только в одной точке сместителя нельзя. Наш опыт показал, что для замера угла падения сместителя необходимо обнажить как можно большую его поверхность, сделать на ней ряд замеров, а затем так же, как и для определения угла падения пласта, вычислить средне-арифметическое его значение.

Однако при замерах угла падения искривленных сместителей только в одном месте можно допустить большую ошибку, поэтому нужно измерять этот угол в нескольких местах. Обычно удается измерять его по крайней мере в двух местах—в забое и стенке выработки, так как при острых углах встречи выработка всегда проходит на некоторое расстояние по простиранию сместителя. Если при этом оказалось, что поверхность сместителя сильно искривлена и разница между минимальным и максимальным замером превышает  $12^\circ$ , то следует забой выработки еще несколько продвинуть по простиранию сместителя, обнажив таким образом поверхность сместителя в новом месте, и только после этого окончательно вывести средне-арифметическое значение этого угла.

Угол  $\omega$  берется из плана или вычисляется по замеренным в горной выработке азимутам простирания пласта и сместителя. Поэтому попутно при замерах углов падения пласта и сместителя замеряются и их азимуты простирания, причем для окончательного решения нужно брать также вычисленные средне-арифметические значения. В качестве контроля замеренных азимутов простирания пласта может служить простирание штрека; что же касается сместителя, то в том случае, когда в штреке есть две точки пересечения сместителя—в забое и стенке штрека, замеренные азимуты простирания сместителя можно проверить графическим построением, для чего необходимо соединить на плане точки пересечения сместителя штреком.

При замерах элементов залегания пласта и сместителя дают хорошие результаты также и методы, рекомендуемые в курсах горной геометрии [3; 4; 5]. Особенно необходимо отметить метод перекрещивающихся шнуров, с помощью которого можно с достаточной точностью измерить в

торной выработке элементы залегания даже при значительном искривлении поверхности сместителя.

Особенно важно при пользовании нашим методом находить на поверхности сместителя штриховку. Опыт наших наблюдений в Прокопьевском районе показал, что ее можно сравнительно легко обнаружить на отполированной поверхности притирания у большинства сместителей. Однако в различных породах она проявляет себя неодинаково. Так, в глинистых породах штриховка выражена главным образом царапинами, иногда сплошными, но чаще прерывистыми. Значительно реже встречаются неглубокие бороздки. В песчаных породах она выражена в большинстве случаев бороздами, иногда переходящими в широкие желобки, напоминающие по внешнему виду волноприбойные знаки. В песчаных породах штриховка обычно выражена грубо, тогда как в глинистых породах царапины и борозды представлены стройными линиями, хорошо заметными на блестящей поверхности сместителя.

Следует, однако, иметь в виду, что только в редких случаях удается сразу обнаружить штриховку. В большинстве случаев для этого необходимо обнажить как можно большую площадь сместителя и при этом по возможности в разных местах. Наш опыт показал, что обнажать поверхность сместителя необходимо весьма осторожно, особенно в глинистых породах, так как при обнажении сместителя кайлой можно легко уничтожить штриховку. Нельзя также стирать руками или рукавицами пыль и грязь на обнаженной поверхности сместителя, ибо, особенно в глинистых породах, можно легко затереть штриховку. Лучше для этой цели там, где это возможно, воспользоваться сжатым воздухом.

При обнажении поверхности сместителя нужно внимательно следить, чтобы отбитые куски угля в контакте с сместителем не нарушили ее полировку. Если трещина заполнена спрессованной жильной глиной, поверхность которой бывает также хорошо отполированной, то вначале необходимо осторожно обнажить ее поверхность, на которой часто удается наблюдать весьма хорошую штриховку, а затем, содрав ее с сместителя, проверить штриховку непосредственно на плоскости сместителя.

После того как на поверхности сместителя будет обнаружена штриховка, следует замерить угол  $\gamma$ . Для этого выбирается наиболее хорошо выраженный штрих, а для того, чтобы он был еще ярче заметен, по нему можно дополнительно прочертить линию карандашом. Далее компасом намечается точно линия простирания сместителя, которая и образует с намеченным штрихом угол  $\gamma$ . Затем этот угол замеряется прямо на поверхности сместителя обыкновенным транспортиром.

Угол  $\gamma$  необходимо замерять также несколько раз, при этом по возможности в разных местах—в стенках и забое выработки, а затем вычисляется средне-арифметическое значение, которое и принимается для дальнейших расчетов.

Обработка результатов наблюдений сводится к вычислению средне-арифметических значений углов  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ , после чего можно приступить к определению направления поисков смещенного крыла пласта и формы дизъюнктива по формуле (1). Таблица замеров этих углов, а также самое решение формулы (1) должны быть приведены на геологической зарисовке данного дизъюнктива. На зарисовке забоя выработки и на плане следует отметить места, где были произведены замеры этих углов.

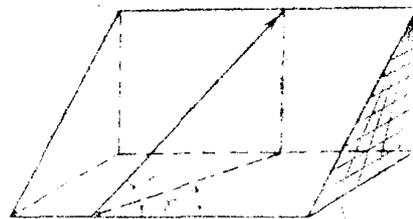


Рис. 18

Кроме этого, рекомендуется на пластовой карте, около каждого сместителя, где замерялась штриховка, показывать стрелкой горизонтальную проекцию штриха. Последнюю можно определить по следующей формуле

$$\operatorname{tg} \gamma' = \operatorname{tg} \gamma \cos \beta, \quad (2)$$

где  $\gamma'$  — проекция угла на горизонтальную плоскость (рис. 18).

### Условия применения метода

Главным условием применения нашего метода для поисков смещенного крыла пласта, как мы уже отмечали выше, является выявление характера тектоники данного района. При этом он может найти себе широкое применение только тогда, когда в результате исследования тектоники будет установлено, что в районе имеются только взбросовые или только сбросовые дизъюнктивы. При наличии тех и других, когда невозможно предварительно их определить, наш метод применять нельзя, так как для сбросовых дизъюнктивов все выведенные нами закономерности, на которых базируются поиски смещенного крыла пласта, имеют обратное значение.

Кроме этого, данный метод может найти себе применение тогда, когда на поверхности сместителя можно обнаружить штриховку. При этом должна быть уверенность, что эта штриховка отвечает первичному направлению движения крыльев дизъюнктивов.

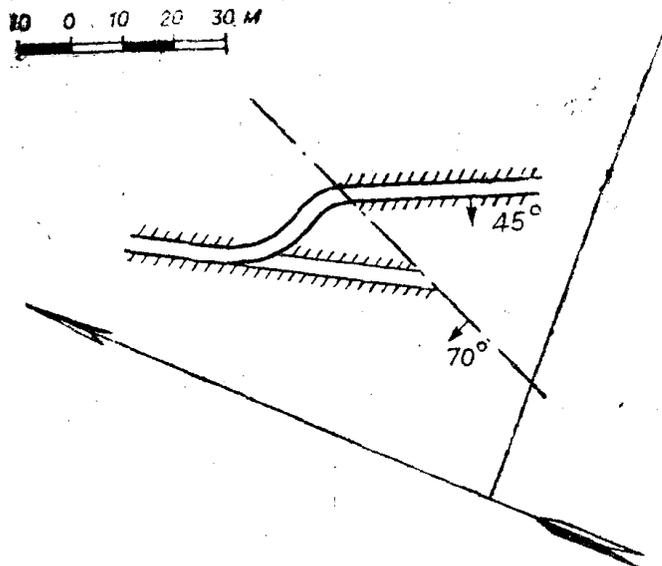


Рис. 19

Проверка и применение этого метода в течение ряда лет в Прокопьевском районе Кузбасса позволили нам обнаружить также и ошибку, которую мы допускали при замерах элементов залегания, а, следовательно, вычислить ту абсолютную величину, при которой делать выводы о направлении поисков смещенного крыла пласта становится опасным.

Из нашего опыта мы сделали вывод, что при замерах углов  $\alpha$  и  $\gamma$  можно допустить ошибку  $\pm 3^\circ$ , а при замерах углов  $\beta$  и  $\omega$  эта ошибка возрастет до  $\pm 5^\circ$ .

Если абсолютная величина выражения, стоящего в скобках (1), получается в пределах этих ошибок, тогда решать вопрос о направлении поисков смещенного крыла пласта по нашему методу мы не рекомендуем.

Разберем это на примерах.

На шахте имени И. В. Сталина, по пласту II Внутреннему западного крыла малой антиклинали, на горизонте 215 м был встречен дизъюнктив (рис. 19). После исследования его в забое выработки мы получили следующие данные:

$$\alpha = 45^\circ, \quad \beta = 70^\circ, \quad \omega = 133^\circ \quad \text{и} \quad \gamma = 42^\circ.$$

Подставив эти величины в выражение, стоящее в скобках формулы (1), и произведя необходимые вычисления, получаем:

$$1,000 - 0,248 + 0,860 = 1,612.$$

Выражение, стоящее в скобках формулы (1), получилось положительным, следовательно, данный дизъюнктив должен иметь сдвоение пласта.

Теперь посмотрим, не превышает ли полученная величина возможную суммарную ошибку, которую мы допускаем при замерах элементов залегания. С этой целью возьмем самый неблагоприятный случай, когда все ошибки уменьшают полученную величину, т. е. допустим:

$$\alpha = 45^\circ + 3^\circ = 48^\circ, \quad \beta = 70^\circ - 5^\circ = 65^\circ,$$

$$\omega = 133^\circ + 5^\circ = 138^\circ, \quad \gamma = 42^\circ + 3^\circ = 45^\circ.$$

Решая предыдущий пример по этим данным, находим

$$0,900 - 0,346 + 0,737 = 1,291.$$

Таким образом, даже при учете возможных ошибок, выражение, стоящее в скобках формулы (1), осталось положительным. Следовательно, наш первоначальный вывод о сдвоении пласта в данном дизъюнктиве правилен, и мы можем теперь смело задавать горную выработку на смещенное крыло пласта.

Разберем второй пример, в котором абсолютная величина выражения, стоящего в скобках формулы (1), получается в пределах допускаемых ошибок.

Этот пример относится также к дизъюнктиву по пласту II Внутреннему, которое было встречено на западном крыле Малой антиклинали (рис. 20). Здесь данные оказались следующие:

$$\alpha = 80^\circ, \quad \beta = 64^\circ, \quad \omega = 11^\circ \text{ и } \gamma = 165^\circ.$$

По предыдущему, подставляя эти величины в выражение, стоящее в скобках формулы (1), находим

$$0,176 + 0,479 - 0,793 = -0,138.$$

Мы получили отрицательную величину. Отрицательная величина выражения, стоящего в скобках формулы (1), для несогласнопадающего взбросового дизъюнктива соответствует зиянию крыльев пласта. Следовательно, смещенное крыло пласта должно находиться к юго-западу от забоя выработки.

Теперь так же, как и в предыдущем примере, посмотрим, не превышает ли полученная величина возможную суммарную ошибку. С этой целью возьмем тоже самый неблагоприятный случай, т. е. допустим:

$$\alpha = 80^\circ - 3^\circ = 77^\circ, \quad \beta = 64^\circ - 5^\circ = 59^\circ,$$

$$\omega = 11^\circ - 5^\circ = 6^\circ, \quad \gamma = 165^\circ - 3^\circ = 162^\circ.$$

Решая теперь предыдущий пример по новым данным, получаем

$$0,231 + 0,597 - 0,371 = 0,457.$$

Таким образом, учтя возможную суммарную ошибку, которую мы допускаем при замерах элементов залегания, получаем положительную величину. Положительная величина выражения, стоящего в скобках формулы (1), для несогласнопадающего взбросового дизъюнктива соответ-

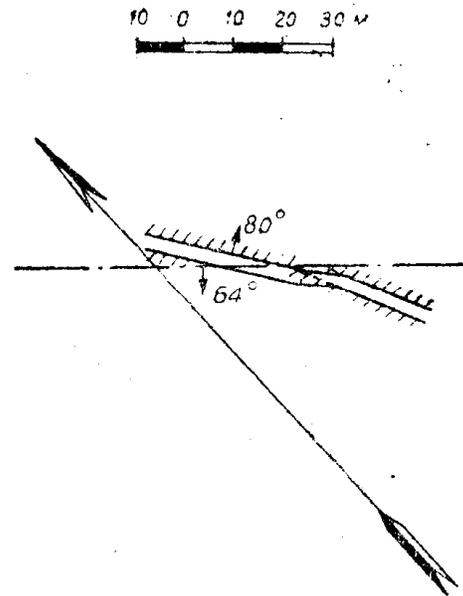


Рис. 20

стствует сдвоению пласта. Следовательно, в данном случае на основании этого метода невозможно решить, где находится смещенное крыло пласта, так как полученная величина находится в пределах допускаемых ошибок.

Таковы условия применения нашего метода для поисков смещенного крыла пласта. Все эти условия имеются в Прокопьевском районе. Судя по проверке этого метода в других районах Кузбасса, в частности, в Анжеро-Судженском районе, можно предполагать, что они имеются и во всем Кузнецком бассейне.

Мы полагаем, что наш метод при наличии этих условий может найти себе применение и в других угольных бассейнах, а также при поисках смещенного крыла жилы на рудных месторождениях. Следует только рекомендовать вначале проверить этот метод на уже расшифрованных дизъюнктивах и только после этого применять его для поисков смещенного крыла новых дизъюнктивов.

## Заключение

Настоящая работа подводит итоги проверки по применению метода геометрического анализа дизъюнктивов для поисков смещенного крыла пластов в Прокопьевском районе Кузбасса.

Только за первые три года применения этого метода было расшифровано свыше 200 дизъюнктивов, при этом не было зафиксировано ни одного случая неправильного решения. Позднее было установлено небольшое количество дизъюнктивов, к которым наш метод оказался неприменимым. Это дизъюнктивы типа подбросов, которые имеют в районе весьма ограниченное распространение. Поэтому в Прокопьевском районе наш метод получил признание и успешно применяется сейчас на некоторых шахтах для поисков смещенного крыла пласта.

Учитывая положительные результаты этого метода, конференция шахтовых геологов Кузбасса в январе 1940 года заслушала доклады главного геолога треста „Сталинуголь“ В. А. Азимова и бывшего старшего геолога шахты имени И. В. Сталина В. А. Монины о результатах применения его в Прокопьевском районе Кузбасса. В обоих докладах этому методу была дана положительная оценка, поэтому конференция рекомендовала его для остальных районов Кузбасса и, кроме того, приняла для практического руководства составленную нами специальную инструкцию.

Таким образом, можно считать, что этот метод себя оправдал. Применение его позволило сравнительно легко, быстро и правильно находить смещенные крылья пластов, что для сложной структуры некоторых районов Кузбасса, при многообразии форм дизъюнктивов, имеет большое практическое значение.

Однако положительное значение этого метода заключается не только в его применении для поисков смещенного крыла пласта. Попутно удалось также разрешить и поставить целый ряд весьма важных вопросов о характере тектоники Прокопьевского района. Среди них наиболее серьезными являются следующие.

1. Наши многочисленные наблюдения над штриховкой показали, что все дизъюнктивы Прокопьевского района являются сложными, такими, у которых движение крыльев происходит хотя и вверх, но в произвольно наклонном направлении. При этом элемент горизонтального перемещения почти всегда преобладает над элементом вертикального перемещения, так как угол между штрихом и простиранием сместителя в подавляющем большинстве случаев колеблется в пределах  $10-50^\circ$  и  $170-130^\circ$ . Поэтому такие дизъюнктивы вернее называть не взбросами, надвигами и сдвигами, а взбросо- и надвиго-сдвигами.

2. Среди Прокопьевских геологов было распространено мнение о наличии в районе шарнирных дизъюнктивов. Эти дизъюнктивы выделялись на том основании, что иногда один и тот же сместитель, пересекая одновременно два пласта, перемещает один из пластов вверх—согласный взброс, а другой вниз—прямой надвиг. Так как эти формы дизъюнктивов рассматривались ими как простые, то они делали вывод, что где-то между пластами, по простиранию сместителя, есть центр, вокруг которого оба крыла дизъюнктива повернулись относительно друг друга на некоторый угол, при этом висячий бок по одному пласту поднялся вверх, а по другому опустился вниз.

Мы на конкретном примере такого дизъюнктива доказываем, что это не вращательные, а обычные взбросо-сдвиговые дизъюнктивы и что в данном случае висячие крылья этого дизъюнктива по обоим пластам не только подымались вверх, но в то же время и в более значительной степени перемещались по простиранию сместителя, благодаря чему создается ложное впечатление об опускании висячего крыла в прямом надвиго-сдвиге.

3. Применяя для поисков смещенного крыла пласта формулу сложного диагонального дизъюнктива, мы можем правильно определять и форму надвига. Это имеет большое значение потому, что в отличие от взбросов форму надвигов по взаимоотношению элементов залегания пласта и сместителя установить невозможно. Кроме того, в сложных нарушениях прямые и обратные надвиго-сдвиги трудно отличить также и по взаиморасположению разорванных частей пласта относительно сместителя, так как при острых углах между штрихом и простиранием сместителя в прямом надвиго-сдвиге может образоваться вместо сдвоения зияние пласта, а у обратного надвиго-сдвига вместо зияния—сдвоение пласта.

4. С помощью нашего метода удалось также доказать ошибочность выделения в Прокопьевском районе так называемых поперечных сбросов. Мы установили, что эти дизъюнктивы имеют в действительности форму взбросо-сдвигов, или подбросо-сдвигов; что существующее расположение разорванных частей пластов относительно сместителя, на основании чего и относились они к сбросам, обязано элементу сдвига, который в данном случае играл ведущую роль в направлении движения крыльев дизъюнктива.

5. Результаты применения нашего метода в Прокопьевском районе позволили нам поставить вопрос о возрасте той фазы тектогенеза, которая создала густую сеть дизъюнктивов района.

Учитывая сложную тектоническую историю Кузбасса, где акад. М. А. Усов [14] насчитывает девять фаз тектогенеза, мы в начале применения нашего метода опасались, что повторные подвижки в позднейшие фазы могут затушевывать первичную штриховку и создавать новую, другого направления. В этом случае наш метод оказался бы несостоятельным; однако эти опасения оказались неосновательными, так как подавляющее большинство дизъюнктивов, расшифрованных этим методом, оказались правильно решенными, следовательно, мы имеем дело с первичной штриховкой.

Последнее дало нам право поставить вопрос о возрасте дизъюнктивных дислокаций Прокопьевского района. При этом, не решая его конкретно, мы тем не менее высказываем наиболее вероятное предположение, что они или образовались в одну из наиболее поздних фаз тектогенеза, после которой уже не было сколько-нибудь заметных подвижек, или в последующие фазы движение происходило в том же направлении.

Таковы наши выводы. Несомненно, они будут иметь некоторое значение для правильного понимания тектоники Прокопьевского района. Вместе с тем они будут иметь и практическое значение, поскольку правильное понимание тектоники является одним из основных условий для успешных поисков смещенного крыла пласта.

Кроме этого, в настоящей работе мы останавливаемся также и на методике наблюдений над элементами залегания пласта и сместителя и над штриховкой. При этом мы подчеркиваем, что конечный результат при решении по формуле сложного диагонального дизъюнктива будет зависеть от правильности и тщательности замеров углов, а поэтому рекомендуем замеры производить в разных местах и затем вычислять среднеарифметические их значения.

Наконец, мы обращаем особое внимание на условия применения нашего метода. Эти условия следующие:

1. Наш метод может применяться только в том случае, когда будет установлено, что в данном районе имеется только взбросовый или только сбросовый общий характер дизъюнктивов. При наличии как того, так и другого типа, когда невозможно предварительно их определить, этот метод для поисков смещенного крыла пласта применять мы не рекомендуем, так как в этом случае нельзя определить по штриху направление движения крыльев нарушения.

2. Когда на поверхности сместителя можно найти штриховку и при этом будет уверенность, что она отвечает первичному направлению движения крыльев дизъюнктива.

3. Когда абсолютная величина выражения, стоящего в скобках формулы сложного диагонального дизъюнктива, превышает ошибку, которую мы допускаем при замерах элементов залегания.

Все эти условия имеются в Прокопьевском районе, есть все основания предполагать, что они имеются и в других районах Кузбасса. Что же касается применения этого метода в других бассейнах, то мы рекомендуем вначале проверить его на уже расшифрованных дизъюнктивах и только после этого применять его для поисков смещенного крыла пласта при встрече новых дизъюнктивов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Белицкий А. А.—Методика поисков смещенного крыла пласта в условиях Прокопьевского района Кузбасса, Изв. Томск. индустр. ин-та им. С. М. Кирова, том 60, вып. 1, Томск, 1939.
2. Гутт А. Е.—Курс горной геометрии, Харьков, 1932.
3. Далинкевич М. А.—Горная геометрия, Ленинград, 1924.
4. Красников П. Ф.—Основные формы дислокаций Прокопьевского рудника Кузбасса, Сб. по геологии Сибири, Томск, 1933.
5. Крупеников Б. С.—Прокопьевский и Киселево-Афонинский районы, Полезные ископаемые Западно-Сибирского края, т. III, Угли, Новосибирск, 1935.
6. Лизс Ч. К.—Структурная геология, ОНТИ, 1935.
7. Молчанов И. А.—Геометрический анализ поступательных дизъюнктивов, Маркшейдерский сборник т. II, Томск, 1935.
8. Румянцев С. С.—Тектонические нарушения, наблюдавшиеся по северо-западной окраине Кузбасса, и их объяснение (опыт приложения теории сопротивления материалов к тектонике), Горный журнал № 10 и 11, 1928.
9. Уиллис Б. и Уиллис Р.—Структурная геология, Баку, 1932.
10. Усов М. А.—Состав и тектоника месторождения южного района Кузбасса, Новониколаевск, 1924.
11. Он же—Формы дизъюнктивных дислокаций в рудниках Кузбасса, Сб. по геологии Сибири, Томск, 1933.
12. Он же—Тектоника Кузбасса, Проблемы советской геологии, № 2, 1935.
13. Он же—Геологический очерк Кузбасса, Полезные ископаемые Зап.-Сиб. края, т. III, Угли, Новосибирск, 1935.
14. Он же—Тектоника Кузбасса, Вест. Зап.-Сиб. геол. упр. № 5, 1940.
15. Ушагов И. Н.—Горная геометрия, ОНТИ, 1937.
16. Фрост Д. В.—Графический метод решения маркшейдерских задач, Изв. Томск. тех. геол. ин-та, т. VIII, 5, 1907.