

К. В. РАДУГИН

**РАСПОЗНАВАНИЕ
(диагностика)
ДИЗЪЮНКТИВОВ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Томск — 1972

Министерство высшего и среднего специального
образования РСФСР

Томский ордена Трудового Красного Знамени
политехнический институт имени С. М. Кирова

551.24

К. В. РАДУГИН

РАСПОЗНАВАНИЕ
(диагностика)
ДИЗЪЮНКТИВОВ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



538
539

Редактор — Г. А. Иванкин

23

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное учебное пособие представляет собой несколько переработанные лекции, которые частично или полностью читались в разное время (начиная с 1939—1941 гг.) студентам Томского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института им. С. М. Кирова, а также инженерам-геологам курсов по повышению квалификации.

Конечно, данные лекции не претендуют на полноту. Это пособие задумано отнюдь не как исчерпывающая сводка по методике всестороннего исследования дизъюнктивов, представляющего трудное и сложное дело. В частности, в данном учебном пособии почти не характеризуются приемы полевого исследования дизъюнктивов, рассмотренные в ряде отечественных руководств полевой геологии (особенно у В. А. Обручева и В. А. А про д о в а). Из нашего учебного пособия сознательно выпущены также вопросы классификации дизъюнктивов, изложенные недавно профессором А. А. Белицким и В. В. Белоусовым и др. Ради экономии места некоторые существенные вопросы изложены очень сжато.

В данном учебном пособии рассмотрены методы решения следующих 4-х задач: 1) есть или нет дизъюнктив, 2) если он есть, какой он, 3) какова величина дизъюнктива и 4) каковы фазы развития дизъюнктива, если он многофазный. По этому комплексу методов, насколько известно, нет в литературе современных сводок. Что же касается вопросов классификации или того, как назвать дизъюнктив (по качественным и количественным признакам и по определенному ходу развития),

этот вопрос на первых порах изучения может остаться без ответа. В данном пособии приводится довольно полное представление о дизъюнктивах. В соответствии с ним мы надеемся в будущем расширить методику более всестороннего исследования (а не только распознавания) дизъюнктивов. В этом трудном деле поможет критика предлагаемого пособия, которое заполняет до некоторой степени пробел в нашей учебной литературе, но которое, конечно, не лишено ряда недостатков, несмотря на значительную помощь моих товарищей. За эту помощь рад принести благодарность Г. Д. Ажгирею, В. В. Белоусову, сотрудникам кафедры общей геологии ТПИ, геологам Кузбасса, а также редактору доценту Г. А. Иванкину. Заранее благодарю также всех тех, кто не пожалеет труда и времени и в исполнение настоятельной просьбы автора пришлет ему свои критические материалы или новые ценные факты и мысли, касающиеся методов исследования дизъюнктивов. Хотя приведенные в схематизированном виде примеры и иллюстрации взяты почти все из жизни, из практики, их еще недостаточно. Каждая новая иллюстрация будет принята с благодарностью. Свой труд автор будет считать оправданным, если учебное пособие окажется полезным студентам-геологам и, на что он также надеется, геологам-исследователям недр нашей Родины, которым оно посвящается в связи с 50-летием Советского Союза.

ВВЕДЕНИЕ

1. Что такое дизъюнктив?

Значение термина и понятие о дизъюнктиве. Что называют дизъюнктивными смещениями (дизъюнктивными дислокациями), короче, дизъюнктивами? Эти слова происходят от латинского корня «дизъюнктус» — разъединенный, разобщенный. В отличие от пластических деформаций (или пликативных дислокаций, в частности, от складчатости), происходящих без разрыва сплошности, дизъюнктивными обычно называют такие движения, которые, напротив, не могут совершаться без разрыва сплошности и смещений. От тектонических трещин (диаклазов) дизъюнктивы отличаются именно смещением, происходящим вдоль сместителя или перпендикулярно поверхности разобщения. Напротив, этих смещений нет, если мы имеем в горных породах или в минералах только трещины. Кроме того, поверхность смещения не обязательно должна быть трещиной. Она может быть дизъюнктивным (а не тектоническим вообще) контактом без трещины. Последняя может отсутствовать, хотя раньше и была, из-за заполнения минеральной или магматической жилкой, или тектонитом, или иллювием, а также из-за плотного соприкосновения, когда нет и волосной трещины. Трещина в качестве сместителя может при известных условиях и не возникнуть даже во время дизъюнктивного смещения (если смещаются пластические, например, глинистые породы, или твердые, находящиеся в условиях повышенной пластичности при высоком давлении и температуре, если в смещении участвует магма). Итак, нельзя ставить знак равенства между

сместителем (или дизъюнктивным контактом) и параклазами, то есть трещинами со смещением. Последние — лишь частный случай сместителя или дизъюнктивного контакта, который может проявляться без трещины или иметь «залеченные» раствором трещины. Кстати, отметим, что трещины с мелкими смещениями лучше называть микродизъюнктивами. Некоторые в последнее время предлагают называть дизъюнктивы разрывами и разрывными смещениями или разрывными нарушениями. Эти названия даже введены в учебники в качестве заменителей термина «дизъюнктивы». С этим нельзя согласиться по ряду соображений, на которых мы здесь не останавливаемся.

Отметим, что ранее дизъюнктивы у нас называли сбросами. Позже почти синонимом слова «дизъюнктив» стал термин «сбросо-сдвиг» (особенно у геологов Донбасса), обозначавший как сбросы, так и сдвиги со взбросами.

Обычно не проводят различия между терминами «дизъюнктив» и «дизъюнктивная дислокация». Но, хотя смещения в природе не отделены от их результатов, при исследовании и описании лучше выделять в будущем, если нужно, словами «дизъюнктивная дислокация» главным образом геологический процесс, а словом «дизъюнктив» — главным образом другую сторону реальной действительности — созданную им структуру или результат этого процесса, который в каждый данный момент не совпадает со всем процессом в целом, может иметь многообразное длительное развитие и иметь разный возраст отдельных фаз. Притом фазы могут быть отделены фазами покоя, когда по дизъюнктиву нет даже бесконечно малых смещений.

Дадим, далее, более полное представление о дизъюнктивной дислокации.

Дизъюнктивные дислокации (или дизъюнктивы) — сложные многообразные геологические явления, переплетающиеся с другими геологическими процессами; как правило, они результат богатого содержанием многофазного непрерывно-прерывистого развития в изменчивых условиях.

Разумеется, самые молодые дизъюнктивы могут быть наиболее простыми. Каждый данный дизъюнктив — ис-

торическое образование. Он возникает в конкретный определенный момент и имеет конечный интервал времени существования в меняющихся условиях.

Нельзя рассматривать дизъюнктив только с геометрической стороны и ограничивать его жизнь областью механических движений, хотя последние составляют существенное и при известных условиях главное (и даже чуть ли не единственное) содержание дизъюнктивных дислокаций. Эти дислокации являются существенно тектоническими движениями параллельно и (или) перпендикулярно поверхности скалывания, т. е. сместителя или же разрыва сплошности. Сместитель местами представляет собою не поверхность, а целую тектонически измененную зону сложного строения.

Дизъюнктивы имеют многообразную форму, сильно меняющуюся величину и ориентировку, геометрический тип движения, географические координаты, геологическое положение (позицию), геометрический и механический тип, а также сложные пространственные (геометрические) или, лучше сказать, тектонические и возрастные соотношения с рассеченными горными породами и минералами (их составом, строением и залеганием) и изменчивое проявление морфологии сместителей. Даже в области механических явлений дизъюнктив — не просто нарушение сплошности и непрерывности, но и почти всегда пластическая деформация вещества. С другой стороны, через дизъюнктивы осуществляется, по крайней мере, одна из форм пластической деформации.

Даже в случае, когда геометрическая и механическая стороны в дизъюнктиве являются доминирующими, его нельзя рассматривать только с этой стороны вне связи с окружающим геологическим строением, в частности, вне связи с положением в складчатой зоне или на платформе, вне связи со складками и сетью трещин, с определенным составом рассеченных горных пород и т. д. Даже как смещение, дизъюнктивы разнообразнее и содержательнее, чем обычно считают (по крайней мере, те, кто не учитывает дизъюнктивы с движением перпендикулярно дизъюнктивной зоне, дизъюнктивы вдоль контактов, так называемые дизъюнктивы-невидимки, многофазные дизъюнктивы и др.).

Геологическую или генетическую классификацию дизъюнктивов нельзя отрывать от геометрической и механической или противопоставлять их друг другу, считая, что геометрическая сторона обязательно нечто несущественное, не зависящее от генезиса и не характеризующее генезис. Форма и содержание в природе слиты, как и геометрия с генезисом. В геометрических формах обнаруживается свой генетический смысл, если связывать их с условиями развития. Нужно помнить, что дело не в «формальности» геометрической классификации форм дизъюнктивов, а во внешнем сходстве, в частности, в конвергентности многих дизъюнктивов различного генезиса; если рассматривать их односторонне, с геометрической и механической лишь стороны и не учитывать конвергентности природных явлений, легко ошибиться. Геометрическая классификация раньше была примитивной. Она должна получить геологический смысл, должна быть очищена от односторонности и войти в геологическую (генетическую) классификацию как одна из ее сторон.

Дизъюнктивы бывают однофазными и многофазными, развившимися в несколько фаз непрерывного и прерывистого (со скачком) развития в зависимости от условий, места и времени. Каждая из главных фаз этого развития связана с образованием геологической формации и с последующей затем фазой тектогенеза. Таким образом, возраст этих многофазных дизъюнктивов следует определять не только как время зарождения дизъюнктива (нередко пока не известное, поскольку дизъюнктив уходит вглубь, в область нескрытых геологических систем и формаций), но и как время проявления каждой эволюционной и скачковой стадии или фазы развития дизъюнктива в меняющейся исторически обстановке и в зависимости от этажа земной коры (от геологической формации), где идет изменение дизъюнктива. Нам, значит, важно знать, не только в какую историческую эпоху возник дизъюнктив, но и в какой век, как именно он изменялся. Нам важно изучать дизъюнктивы в зависимости от стадии развития. Для этого в советской геологии предложены особые методы исследования.

Это означает, что испытывающий непрерывно-прерывистое изменение многофазный дизъюнктив находится

на разных ступенях развития (начиная с зачаточных) не только в разные его фазы, но и в одну и ту же фазу в различных этажах литосферы (в геологических формациях), рассеянных данным дизъюнктивом. Это означает, что условия развития дизъюнктива меняются не только исторически, но и в пространстве, в зависимости от глубины, от изменений с глубиной температуры и давления, от постепенных и резких изменений строения и состава геологических формаций. Таким образом, дизъюнктивы должны изучаться в свете современного учения о фациях глубинности, т. е. в связи с постепенными и резкими изменениями с глубиной. Последние происходят главным образом на границах геологических формаций и других зон (зон метаморфизма и др.).

Содержание жизни многофазного дизъюнктива можно охарактеризовать так. В различные фазы его жизни по нему проходят различные (но определенные по величине и направлению для конкретного дизъюнктива и для каждой фазы) смещения, иногда противоположные по знаку или характеру; залегание дизъюнктива может изменяться; в каждую фазу сместитель может испытать деформацию или смещение по другому дизъюнктиву; по дизъюнктиву в районах вулканизма внедряется или изливается магма, или образуются гидротермальные и рудные жилы; дизъюнктивы участвуют в сейсмических, метаморфизирующих и других геологических процессах. Они порождают новые динамометаморфические породы (милониты и проч.) и являются условием образования некоторых новых, так сказать, орогенных пород (фангломератов и т. п.). Таким образом, многие дизъюнктивы (конечно, далеко не все и не в одинаковой мере) являются зонами многообразной геологической активности (в том числе еще гидрогеологической) процессов выветривания и осадконакопления. Это нередко зоны аномалий (магнитных, сейсмических, гравитационных, с повышенной радиоактивностью).

Дизъюнктивы являются важным условием рудообразования, чем определяется практическое значение их как поисковых критериев (особенно если они образуют закономерные системы рудовмещающих или рудоносных, в частности «слепых», погребенных структур). Они ухудшают или улучшают полезные ископаемые или создают

условия для этого, серьезно влияют на горногеологические условия их добычи. Они являются структурами, весьма не безразличными для гидрогеологов и инженеров-геологов. Дизъюнктивы — существенный рельефообразующий фактор и поэтому часто хорошо прослеживаются по характерным формам рельефа. Мимо них нельзя пройти ни при поисках полезных ископаемых, ни при геологическом картировании. В связи с изучением оруденелых и минерализованных дизъюнктивных зон получается богатейший материал как для восстановления фаз развития жизни самого дизъюнктива, так и фаз минерализации, связанной неразрывно с ним. Эти исследования по детальности можно сравнить с изучением современных тектонических движений.

Условия возникновения и развития дизъюнктива, изучение которого имеет первостепенное значение, нужно исследовать детально. Нельзя рассматривать дизъюнктив вне связи с окружающим составом и тектоникой, особенно же изолировать от аналогичных и других дизъюнктивов, складок, трещин, магматических, минеральных и рудных тел.

Дизъюнктивы вообще представляют явления весьма широкого диапазона (от микродизъюнктива в доли миллиметра в одном полисинтетическом двойниковом кристалле до региональных дизъюнктивов в группе геологических формаций длиной в сотни и тысячи километров). Дизъюнктивы, следовательно, с количественной стороны — многоступенные явления, развитые, как явления микромира в зерне минерала, затем как секущие только пласт, только свиту, а далее целую геологическую формацию и даже группу формаций. Эта многоступенность не осталась без внимания и проявилась в нашем геологическом языке (внутриформационные дизъюнктивы, микродизъюнктивы, региональные дизъюнктивы). Нельзя не признать, что и в данном явлении количественные изменения приводят к качественным, и едва ли следует подходить с одной меркой к сложнейшим региональным дизъюнктивам и к простым микроскопическим смещениям по спайности зерна кальцита. Их надо рассматривать как разнохарактерные явления разного порядка. Хорошо изучать дизъюнктив в целом, а не ограничиваться лишь

небольшой его частью, по которой его природа нередко не устанавливается.

Многие дизъюнктивы образуют в пространстве правильные, закономерные ряды и системы однородных структур (кулисообразные в вертикальном и горизонтальном сечении, радиальные, концентрические и др.). Бывают неслучайные, исторически обусловленные в данном районе сочетания разнородных дизъюнктивов. Например, системы взбросов и вызванные одной и той же фазой интенсивной складчатости поперечные разломы или сбросы. Бывают также отдельные сложные дизъюнктивы, сами по себе образующие систему из главного и второстепенных дизъюнктивов.

Итак, дизъюнктивы — конвергентные явления, имеющие различную природу (природу внешних и внутренних геологических процессов — сейсмических, тектонических и др.); за их механической или геометрической однородностью, за их внешним сходством нужно искать различный генезис, или геологический смысл. Конвергенция тут широко проявляется по разным причинам: потому, что многие виды энергии переходят в механическую, и потому, что разные пути могут привести по сместителю к одной его точке и прочее. Да и сам сместитель может занимать наблюдаемое положение в пространстве как первично, так и в результате многих фаз заранее не известных движений, например, фаз складчатости.

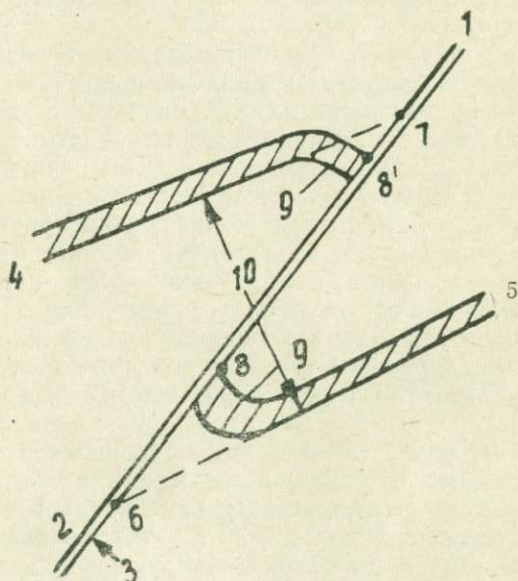
Отметим, далее, зависимость дизъюнктивов от состава пересеченных им пород. Далеко не безразлично, сечет ли дизъюнктив рыхлую толщу (высокопластичную глинистую, из каменной соли, льда и т. п.) или же хрупкую и прочную. Далеко не безразлично, сечет ли дизъюнктив гранитный массив или правильно наслоенную свиту. С практической точки зрения не одно и то же, сечет ли данный взброс (из чешуйчатой серии однородных параллельных взбросов) пласт или пласты угля, или он прошел между ними, или даже сечет безугольную свиту.

Мы не ставим себе задачу дать исчерпывающую характеристику столь сложного и многообразного явления, как дизъюнктивы. Памятуя о неисчерпаемости явлений, ставим здесь точку. Мы только еще зададим вопрос: при столь богатом содержании, как выше отмечено, можно

ли сложнейшее явление природы — дизъюнктивы сводить только к простым механическим движениям и на этом основании называть их точным русским термином — смещениями (хотя бы и разрывными, что тоже имеет более узкий смысл, чем дизъюнктивы вообще)?

2. Элементы дизъюнктива

Различают, как минимум, следующие главные элементы (фиг. 1, Усов, 1940). Плоская или изогнутая поверхность (или зона), вдоль которой происходит дизъ-



Фиг. 1. Элементы дизъюнктива: 1 — сместитель, 2 — висячий бок, 3 — лежачий бок, 4 — висячее крыло, 5 — лежачее крыло, 6—7 — полная длина дизъюнктива, 8 и 8' — сопряженные точки; 8—8 — неполная длина дизъюнктива, 9 — изгибы волочения, 10 — отделение (стратиграфическая амплитуда)

юнктивное смещение, называется сместителем. Сместителем может быть ломаная поверхность или призматическая система пересекающихся плоскостей. Смести-

телем может быть, в частности, цилиндрическая, коническая, волнистая, складчатая и неправильно изогнутая поверхность. Кстати сказать, сместитель не обязательно трещина, но часто он — бывшая трещина, ныне заполненная жильным или другим материалом.

Нередко (точнее, всегда или почти всегда) сместителем является не только поверхность, но целая зона, внутри которой смещение происходит то путем микродизъюнктивов, то с помощью пластических деформаций (изгибов и складок волочения). От последних следует отличать подгибы — результат местного продольного смятия, а не действия пары сил. Продольное смятие дает складки, а не отклонение в одну сторону, как в изгибе волочения под действием пары сил.

Местами сместитель бывает выражен как зона локальной расщепки и местного течения, вызванного дизъюнктивом. Следует определять мощность дизъюнктивной зоны. Таким образом, строго говоря, сместителем (в понятии дизъюнктива) является не только поверхность, но и зона. Несколько упрощая явления, т. е. лишь условно, можно ограничить понятие сместитель и подразумевать под ним лишь поверхность дизъюнктивного смещения, или, точнее, две поверхности, обычно называемые висячим и лежащим боком. Если падение их вертикально, их следует различать по сторонам света.

Бывает особый тип дизъюнктивов с движением не вдоль, а поперек поверхности разрыва или скалывания, которую в этом случае нельзя называть сместителем, так как вдоль нее не происходит смещения. У этой поверхности разрыва и у сместителя, если они не вертикальны, различают висячее и лежащее крылья, обнимающие некоторое трехмерное пространство, тогда как висячий и лежащий бока — лишь поверхности.

Линиями обреза, или линиями скрещения, называют линии пересечения любой поверхности (например, кровли и почвы пласта, поверхности несогласия и т. д.) с дизъюнктивом. Точки этих линий, действительно совпадавшие до смещения, называют сопряженными точками, а сопряженными линиями (новый термин) — ранее совпадавшие линии обреза.

Расстояние между сопряженными точками, в случае однофазного дизъюнктива, а также при отсутствии изгибов волочения и микродизъюнктивов в зоне волочения — есть полная действительная длина, или амплитуда дизъюнктива. От нее следует отличать неполную длину: без отмеченных изгибов волочения и микродизъюнктивов. Кроме того, следует твердо помнить, что нередко мы видим кажущуюся в данном сечении амплитуду, например, «сдвиг», тогда как сдвига на самом деле вовсе нет. Эта кажущаяся длина дизъюнктива соединяет любые две произвольно взятые, но отнюдь не сопряженные (ранее совпадавшие, теперь разобщенные) точки. Забвение это приводило нередко и приводит к грубейшим ошибкам в определении дизъюнктивов.

Различают составляющие длины дизъюнктива такие, как размах, перекрытие, зияние, переброс, сдвиг, отход и отделение, тождественное стратиграфической амплитуде дизъюнктива (Усов, 1940). Из них главное значение имеют составляющие полной длины дизъюнктива: а) горизонтальная (по простиранию), б) наклонная (по падению), в) вертикальная составляющая (размах) и г) горизонтальная вдоль азимута падения слоев (как перекрытие, зияние). Кстати, отметим, что термин «зияние» имеет устоявшееся значение, но он, видимо, неудачен, так как в природе у дизъюнктивов растяжения наблюдается подлинное зияние от раздвигания стенок трещин (у зияющих трещин или раздвигов). В случае смещения по перпендикуляру к поверхности разрыва полная амплитуда этого смещения может быть разложена на горизонтальную и вертикальную составляющие.

Различают элементы залегания сместителя дизъюнктива, как и всякой плоскости: азимут простирания, направление и угол ее падения. Если дизъюнктив изогнут, его можно изобразить в изогипсах.

Элементами сместителя или поверхности разрыва являются их длина, ширина, высота (по сместителю и по вертикали) и площадь.

3. Литература по дизъюнктивам весьма обильна и многообразна. Ради экономии места в конце данного пособия приводятся главным образом учебники по тектонике (М. А. Усова, Виллисов, Биллингса), об-

щей геологии (особенно И. В. и Д. И. Мушкетовых) и др. Литература эта в значительной мере реферирована в учебнике М. А. Усова «Структурная геология», куда и следует обратиться на первых порах учащимся, а также к литературе, указанной Мушкетовым и др. Иностранная литература полезна, как правило, лишь в той части, где описаны точно, без искажения, факты и основанные на них верные выводы. Из новейшей литературы отметим особое значение сводок М. Г. Ажгирея, В. В. Белоусова и др.

МОРФОЛОГИЯ СМЕСТИТЕЛЕЙ, ПОВЕРХНОСТЕЙ РАЗРЫВА И ЗОН ДИЗЬЮНКТИВНОГО СМЕЩЕНИЯ

Как выше отмечено, сместителем — элементом данного дизьюнктива является не только поверхность или несколько поверхностей, но и целая зона, ограниченная ими и включающая эти поверхности смещения. Мы в дальнейшем для удобства будем называть сместителем, как правило, не всю зону, а только поверхности дизьюнктивного смещения. В простейшем случае можно различать две такие поверхности — висячий и лежачий бока, между которыми может быть зияющая полость или зона, заполненная различными материалами (тектонической брекчией, гидротермальными или илловиальными отложениями, магматической породой и т. п.). С другой стороны, к висячему и лежачему бокам примыкают зоны локальных пластических деформаций, вызванных дизьюнктивом. Это — зоны, которые могут иметь весьма сложное строение, в частности, включать второстепенные поверхности смещения. Наличие последних, как и изгибов волочения, особенно ярко показывает, что и вся зона, их включающая, является сместителем. Но второстепенные поверхности смещения и изгибы волочения не всегда бывают, а пластические деформации, вызванные дизьюнктивом в неслоистых породах, незаметны. В этих случаях по практической необходимости приходится называть сместителем лишь поверхность (а не зону) смещения, хотя это и не совсем точно. Такое понимание сместителя несколько условно. Но для удобства рассмотрения и с учетом требований практики (в случае простейших дизьюнктивных зон) мы дальше характеризуем сместители в этом условном смысле. При этом мы отдаем себе ясный отчет о том, что поверхности смеще-

ния часто бывают и внутри зоны дизъюнктивного смещения и что последняя в целом тоже является сместителем, затухающим в сторону от дизъюнктива.

Таким образом, морфологию сместителей мы характеризуем, подразделяя ее условно на три части 1) морфологию поверхностей смещения (собственно сместителей или сместителей в узком смысле слова), 2) морфологию зон дизъюнктивного смещения в лежащем и висячем крыльях дизъюнктива и 3) морфологию зон между этими крыльями (между сместителями в узком смысле слова).

Прежде чем приступить к характеристике морфологии сместителей и зон дизъюнктивного смещения нужно оговориться: мы не отрываем форму от содержания, мы являемся убежденными сторонниками того, что и форма может иметь значение для определения содержания, притом глубокое генетическое значение. По той же причине мы не можем резко разрывать (и противопоставлять) геометрическую и генетическую классификацию. Знание же морфологии, знакомство с конвергентностью форм, с их генетическим смыслом повышает зоркость исследователя. Мы имеем в виду не физиологическую зоркость (например, зоркость орла), а зоркость хорошо подготовленного геолога.

1. Форма сместителей

Как выше уже отмечено, сместитель как поверхность может быть плоскостью, хотя бы на небольшом протяжении. Это простейший и наиболее удобный для изучения случай. Чем крупнее дизъюнктив, тем менее шансов на плоский характер его сместителя. Таковы взбросы ЮЗ окраины Кузбасса, на небольших участках плоские, но меняющие свое простирание от ССВ на юге до ЗСЗ в Инском «заливе» на западе бассейна.

Существенным элементом глыбовой складчатости являются дизъюнктивные смещения по ломаным и сложным призматическим сместителям в виде системы пересекающихся плоскостей. Если сместитель ломаный, это ограничивает свободу движения по сместителю и предопределяет направление смещения вдоль линии скреще-

Сместитель может быть цилиндрическим. Такова поверхность послойного скольжения во время складчатости, если форма складки — цилиндрическая поверхность (с синусоидальным и поперечным сечением).

Редко, но все же бывают конические сместители. Такие сместители характерны для конических разломов, сопровождающих внедрение магмы между вулканической пробкой и стенками жерла, когда образуются кольцевые и конические дайки.

Сместитель может быть волнистым и неправильно изогнутым. Эта форма может быть первичной и вторичной — результатом последующего участия дизъюнктива в тектонических движениях. Если последние выражены резко, может образоваться смятый в складки (или складчатый) сместитель, как это наблюдается в Кузбассе, в Прокопьевском районе (дизъюнктив *J*), в Бельгии и др. Мельчайшие изменения формы сместителя появляются в результате метаморфизма.

Немаловажное значение могут иметь для распознавания дизъюнктивов детали рельефа сместителей — царапины, борозды и др., о которых речь впереди.

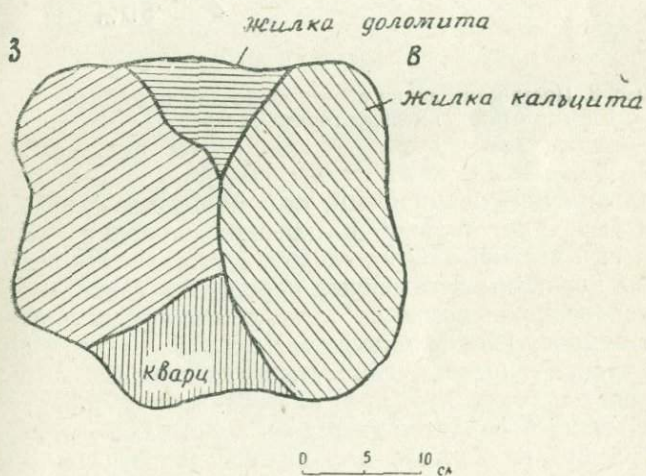
2. Царапины, штрихи, борозды, шрамы и желоба

Обычно царапины, штрихи, борозды и желоба, получающиеся на сместителях от скольжения, считают хорошим морфологическим признаком дизъюнктивного смещения, который к тому же можно использовать не только для доказательства наличия дизъюнктива, но и для определения его типа и направления смещений. Как свидетельствует много изучавший тектонику академик М. А. Усов (1940 г., стр. 67), им уделялось недостаточное внимание.

Как использовать царапины, борозды, штрихи, шрамы и желоба, все геологи хорошо знают. Это позволяет нам сократить описание данных признаков смещений, оставляя более детальный анализ их (с применением ориентированных шлифов), до отдельной статьи.

Отметим, однако, что в некоторых случаях штрихи очень тонки; но они различимы и поддаются определению под лупой и микроскопом. Ширина, длина и глубина царапин варьируют в зависимости от размера и условий

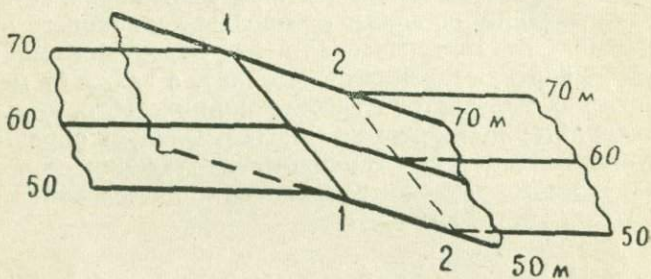
дизъюнктивного смещения. Бывают прямые и изогнутые царапины, в частности, сейсмические, ломаные (двухфазные и многофазные), пересекающиеся, перемежающиеся в своем образовании со следами минерализации. Микроскопическое изучение ориентированных шлифов, сделанных вдоль царапины, позволяет правильно определить вектор (а не только скаляр) скольжения. Нужно отличать древние царапины и борозды ледникового происхождения от тектонических (по первичной микроструктуре перекрывающихся отложений), а также от метаморфической или тектонической морщинистости, для которой характерна дихотомия морщин. Следует обращать внимание на штрихи и царапины, получающиеся в результате многократного подновления дизъюнктива по сместителю (фиг. 2).



Фиг. 2. Штрихи от многократного скольжения по сместителю (кварц, доломит и др. разновозрастные)

Вопросы будущего изучения царапин, борозд и штрихов скольжения довольно многообразны. Дальнейшее изучение этих внешне сходных образований весьма различного как экзо-, так и эндогенного генезиса должно постепенно выяснить особенности штрихов и царапин в зависимости от их типа. Кроме того, в дальнейшем, ве-

роятно, возможно будет проследить изменение тектонических царапин и борозд в зависимости от глубины, на которой они возникли и изменились, а значит, от изменения пластичности и твердости. Интересен вопрос, отличаются ли (и чем именно) тектонические царапины в кристаллическом, коллоидном, аморфном и глинистом



Фиг. 3. Построение линии обреза по точкам пересечения одноименных горизонталей

веществе. Кстати, отметим, что царапины скольжения образуются не только в крепких породах (Вебер, 1934, стр. 45), но даже в глинах. Как отличить тектонические царапины в каменных породах от таких, которые получились в рыхлых, но ныне окаменевших породах? Этот вопрос требует дополнительного изучения. Небольшое трение в рыхлых глинистых грязеподобных массах приводит к тому, что при их скольжении поверхность скольжения бороздится твердыми обломками и гальками (например, из яшмы), но на поверхности последних штрихов, как правило, не получается.

3. Уступы («ушибы»)

Важным признаком, характеризующим направление смещения, являются уступы на сместителе («ушибы», по выражению горняков Кузбасса). Эти уступы образуются в общем поперек направления движения по сместителю и под влиянием трения, выхватывающего с помощью по-

перечных трещин плиточки из всячего или лежачего крыла. Высота уступов — обычно миллиметры или доли миллиметров.

В связи с этим некоторые рекомендуют поглаживание рукой сместителей вдоль царапин. Если при этом в одном направлении поверхность смещения кажется более гладкой, чем в обратном, то с первым направлением совпадал вектор движения другого крыла дизъюнктива по данной поверхности смещения.

Следует, однако, заметить, что этим правилом нужно пользоваться с большой осторожностью. Дело в том, что вторичные процессы могут сильно исказить первичные свойства поверхностей смещения. Так, под влиянием выветривания от нее отскакивают угловатые осколки, и в результате этого она становится шероховатой при поглаживании в любом направлении и, может быть, даже более как раз по вектору тектонического смещения. Если же сместитель наблюдается в подземной выработке, вне зоны выветривания, то тут геолога подстерегает другая опасность: взрывы при проходке выработок приводят примерно к тем же результатам, как и выветривание. И в том и другом случае поверхности скольжения могут быть сильно искажены, если перед тем они были сцементированы («залечены»). Если цементирующее вещество жилок, идущих вдоль поверхности скольжения, прочно (прочнее прилегающих раздробленных пород), то эти поверхности скольжения в изломе или на поверхности выветривания в той или иной мере закрываются жилками. И вот эти участки жилок, закрывающих поверхности скольжения, также могут создавать ложное впечатление шероховатости там, где первоначально поверхность скольжения была гладкой.

Если поглаживание рукой поверхности сместителя не всегда надежно, то чем его заменить? Надежной заменой является микроскопическое исследование ориентированных микротектонических структур, лежащих сразу под (или над) лежащим (висячим) боком. Это исследование нужно делать в двух шлифах, ориентированных перпендикулярно сместителю по его простиранию и падению, зная, куда в шлифе направлен азимут того или иного конца линии простирания и азимут падения. Иногда нужны горизонтальные ориентированные шлифы.

4. Асимметричные зерна и бугорки

Обломки минералов и горных пород, получающиеся в процессе дизъюнктивного смещения или попавшие по трещинам сверху, могут быть вдавлены и выступать со сместителя после некоторой обработки в виде асимметричных зерен и бугорков.

Другое происхождение этих мелких деталей рельефа сместителей — неровности поверхностей разрыва или скалывания, получающиеся из-за неоднородного состава; так, на этих поверхностях могут выступать более твердые или прочные гальки, песчинки и другие обломки горных пород и минералов, а также конкреции, окаменелости и прочее.

Каково бы ни было происхождение мелких выступов — зерен и бугорков на сместителе, они в момент смещения обрабатываются и могут в результате напоминать в миниатюре форму «бараньих» лбов с характерной для них асимметрией: они получают от дизъюнктивного смещения сглаженность, с одной стороны, и шероховатую, угловатую или рваную поверхность — с другой стороны (в «тени движения»). Таким образом, они могут определять вектор движения по сместителю.

5. Зеркала скольжения

Зеркала скольжения, или полированные поверхности (в частности, плоскости), обычно связаны с бороздами, царапинами и плоскими желобами (и впадинами-выбоинами) -скольжения. Некоторые из них, на первый взгляд (и даже под лупой и микроскопом), не обнаруживают даже тонких штрихов. В ряде случаев это объясняется тем, что они закрыты пленками или жилками, или уничтожены. Но если исключить эти случаи, то бывают все же такие зеркально гладкие поверхности «скольжения», на которых царапин нельзя заметить даже под биноклем, так как их не было и нет. Как объяснить их генезис? Мы полагаем, что тут не было поступательного движения. Было колебательное или вращательное движение каждой точки в плоскости трещины, т. е. шлифующее движение. Если такие движения возможны вдоль трещин, то мы должны временами нахо-

дять (как это удалось автору) пришлифованные трещины, или зеркала скольжения; они пересекают другие, ранее образовавшиеся структуры (например, слои, жилки), но не смещают их даже на доли миллиметра. Такие структуры имеют большое теоретическое значение, показывая природу трещин (колебательные, точнее шлифующие, движения как причину их возникновения). Причиной отсутствия ранее существовавших царапин является уничтожение их 1) выветриванием, например, растворением карбонатных пород и т. п., а также 2) ассимиляцией магмой или метасоматическими процессами. Зеркала скольжения образуются, видимо, во всяких породах, но не выяснено, чем они отличаются в зависимости от свойств горных пород (в частности, от их твердости, от крупности зерна, от тектонической структуры и слоистости пересеченной зеркалом).

Несомненно, зеркала скольжения являются более совершенными в тонкозернистых породах. Так, в рыхлой толще самую совершенную полировку мы наблюдали лишь в тонкодисперсных (жирных) третично-мезозойских (вероятно, каолиновых) глинах. В частности, она имела в штольне Таштагольского рудника (Зап. Сибирь), где она наблюдалась вместе с горизонтальными штрихами скольжения. Ошибочно считать, что «природные» зеркала скольжения получаются лишь в горных породах с примесью органического материала. Это не так, но на каменных углях, углистых и графитистых породах зеркала скольжения достигают высокой степени совершенства.

6. Особенности поверхностей разрыва

Особенности поверхностей разрыва, которые образуются при возникновении разломов, разрывов, расколов и подобных дизъюнктивов растяжения, мало известны. Это объясняется, во-первых, тем, что сама эта группа дизъюнктивов, объединяемая под названием раздвигов, почти не привлекала внимания; а, во-вторых, тем, что поверхности разрыва обычно уничтожаются выветриванием или ассимиляцией. Возможны два случая: 1) поверхность разрыва образуется на месте ранее существовавшего сместителя или трещины; тогда она может быть

гладкой и даже не отличаться от сместителей обычных дизъюнктивов; 2) поверхность разрыва образуется вновь; в таком случае она, как правило, образуется неровной и шероховатой, отражая в деталях своего рельефа состав и строение горных пород, в частности, их трещинную структуру. Если порода монолитна и тонкозерниста или стекловата, поверхность разрыва обычно лишена шероховатости, но она, как правило, искривлена и скорее напоминает поверхность раковистого излома, чем плоскость скалывания. Во всяком случае коренной особенностью поверхностей разрыва, образующихся в качестве существенного элемента дизъюнктивов растяжения и не унаследованных от других дизъюнктивов, является полное отсутствие царапин и борозд скольжения. Они могут появиться лишь до раздвига или же в следующие за ним тектонические фазы, когда они придут после соприкосновения или заполнения полости в движение вдоль сместителя.

Кстати, отметим, что своеобразное внешнее выражение поверхностей разрыва, отличающее их от сместителей, требует выделения их под особым названием. О том же говорит и особая природа дизъюнктивов растяжения. Термин «поверхность разрыва» вполне точно соответствует и сути понятия, и характеру смещения. Его нельзя заменить другим словом. Вот почему, между прочим, учитывая наличие такого частного вида дизъюнктивов как разрыв, нельзя все дизъюнктивы называть разрывными смещениями, а тем более разрывами.

7. Линия скрещения или линия обреза

Эта линия является существенной чертой морфологии дизъюнктивов. Если ее положение установлено, она может быть весьма полезной при диагностике дизъюнктивов.

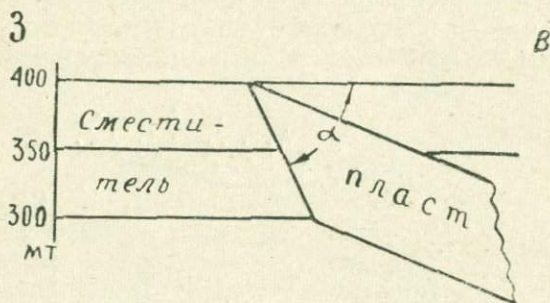
Что же такое линия скрещения?

Это — линия пересечения сместителя с лежащим или висячим боком пласта, с любой поверхностью наложения и со всякой структурной поверхностью (контактом тел или с их внутренней структурой).

Можно построить линию скрещения на сместителе, как пересечение смещенной им структуры (по одноимен-

ным горизонталям, фиг. 3). Точки пересечения одноименных горизонталей лежат на линиях скрещения. По этим точкам линии обреза и строятся.

По отношению к пласту линии скрещения — это линии обреза его висячего или лежачего боков. Если штрек



Фиг. 4. Положение линии скрещения

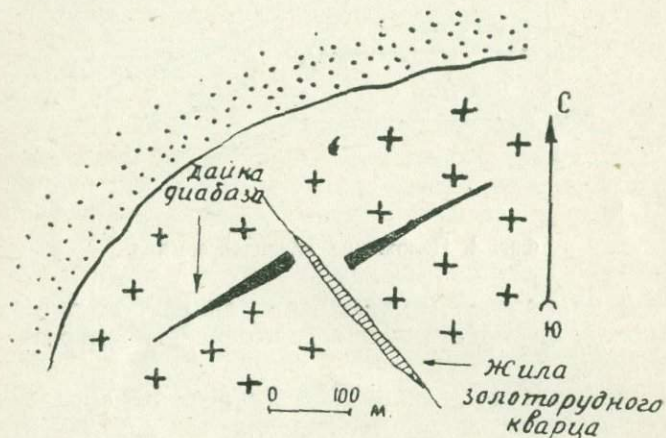
идет по пласту угля, то там, где он доходит до сместителя, можно наблюдать линии скрещения и измерить их залегание.

Положение замеренной линии скрещения определяется или азимутом и углом ее падения, или же элементами залегания сместителя и затем направлением падения линии скрещения (в плоскости сместителя), а также углом между нею и простиранием сместителя (фиг. 4).

Линия скрещения может занимать в плоскости сместителя и смещенной структуры любое расположение, в том числе по их простиранию и по падению. Эти два последних случая имеют особенно важное значение. Если пласт обрывается дизъюнктивом поперек, т. е. линия скрещения идет по падению сместителя, то это отнюдь еще не означает, что дизъюнктив является тоже поперечным, он в этом случае может иметь почти любое простирание, в том числе и такое, которое почти совпадает с простиранием сместителя. Чтобы это понять, достаточно представить себе семейство плоскостей, вращающихся вокруг линии скрещения, как вокруг оси, и дающих при этом всевозможные положения.

Очень интересно взаимоотношение линии скрещения с направлением движения по дизъюнктиву.

Последнее определяется по штрихам скольжения. Если линия скрещения и направление движения совпадают, то рассеченные дизъюнктивом части пласта (или другого тела) по-прежнему будут соприкасаться по линии обреза или разрыва. Другими словами, видимого относительного смещения частей не будет заметно. В этом случае пласт угля будет казаться целым, не затронутым дизъюнктивом, хотя в действительности он не



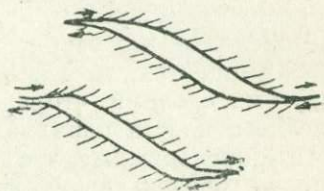
Фиг. 5. Дизъюнктив, секущий дайку диабазы и контакт гранита, где сместитель становится незаметным

только пересечен сместителем, но части его смещены и притом, возможно, весьма значительно. Мы такого типа дизъюнктивы (с движением по линии скрещения) назвали бы дизъюнктивами-невидимками.

Кстати, отметим, что когда на геологических картах видят дизъюнктивы, секущие геологические границы, или другие дизъюнктивы и не смещающие их, то это считают безграмотностью составителя геологической карты. Возможно, это так и есть в ряде примеров. Но возможно также и иное объяснение этому: во-первых, мог быть изображен дизъюнктив-невидимка; во-вторых, в случае мелкомасштабных карт видимое смещение (даже довольно крупное) невыразимо при данном мелком масштабе. В-третьих, дизъюнктив мог быть с малой

амплитудой, хотя и с крупным сместителем (как региональный дизъюнктив в районе Никитовки в Донбассе).

Надо полагать, что дизъюнктивы-невидимки многими пропускаются, теми, кто даже не подозревает об их существовании. Что это так, видно хотя бы на примере одного видного специалиста по геотектонике. В одной из своих работ в «Советской геологии» он дал рисунок, нами здесь воспроизведенный (фиг. 5). Раз граница плутона не смещается дизъюнктивом, секущим дайку (например, диабаз), то значит, рассуждал этот специалист, дизъюнктив затухает в пределах плутона, не выходя в его контактовую зону. С этим выводом в свете представления о линии скрещения можно согласиться



Фиг. 6. Полости, определяющие направление смещения

лишь в том обычном случае, когда линия обреза контакта плутона не совпадает с бороздами и царапинами скольжения. Если же это совпадение налицо (или угол между ними очень острый), мы не заметим смещения границы плутона, если даже дизъюнктив распространяется в контактовую зону. Нетрудно учесть при этом возможный пропуск месторождения (например, золота или киновари) вдоль такого дизъюнктива-невидимки. Как видно, практическое значение ясного представления о линии скрещения может быть довольно значительным.

Конечно, аналогичный эффект может получиться в том случае, когда наблюдается весьма незначительный угол между линией скрещения и направлением дизъюнктива. Когда же видимое смещение становится заметным, мы при внимательном наблюдении имеем шансы его не пропустить. Но и в этом случае, если линия скрещения и штрихи скольжения идут под очень острым углом, мы можем недооценить дизъюнктив, если имеем неясное представление о линии скрещения.

Рассмотрим противоположный случай, когда линия скрещения и направление смещения по дизъюнктиву образуют прямой угол. В этом случае нормальное, кратчайшее расстояние между сопряженными линиями скре-

щения, измеренное по сместителю, равно полной амплитуде дизъюнктива (при отсутствии изгибов волочения). Сопряженными линиями скрещения предлагаем называть линии, совпадавшие до дизъюнктива. Конечно, если штрихи горизонтальны (т. е. в случае сдвига), в горизонтальном сечении видимое смещение равно истинному (или полному).

Рассмотрим еще один случай расположения линий скрещения. Допустим, что они располагаются почти горизонтально, что удобно при проведении эксплуатационных выработок, хотя встречается нечасто. Это означает, другими словами, что простирания сместителя и смещенного пласта параллельны или почти параллельны. Это означает также, что линии скрещения и выходы пласта на горизонтальную поверхность, как почти параллельные, пересекаются далеко (подобно пересечению параллельных линий в бесконечности). Данное положение остается верным, если даже истинная амплитуда смещения по дизъюнктиву будет небольшой. Однако и в этом случае концы обрезанного пласта будут удалены на выходах вдоль дизъюнктива на очень большое расстояние. Они могут быть удалены, в частности, на 1—2 и более километров, в то время как движение по дизъюнктиву измеряется лишь десятками метров. Таким образом, мы можем переоценить величину дизъюнктива. Вот еще один плюс, который дает изучение линии скрещения: оно предупреждает от поспешных заключений, от грубых ошибок в оценке дизъюнктивов.

8. Морщинистость

Морщинистость, как свойство метаморфических сланцев эпизоны, хорошо и широко известна. Но сместители, образовавшиеся до проявления глубинного метаморфизма и попавшие в его условия, также становятся морщинистыми. Если такие сместители редко встречаются, то это объясняется тем, что за долгий период поднятия к поверхности денудации морщинистость уничтожается повторными движениями по сместителям. Если же подвижек не было, сместители оказываются цементированными продольными жилками и, таким образом, недоступными наблюдению.

Серьезные изменения поверхности смещения испытывают в зонах контактового метаморфизма. В карбонатных породах сместители иногда, по-видимому, деформируются при образовании стилолитовой структуры.

Отметим, что сместители могут быть изменены, уничтожены выветриванием, деятельностью гидротерм или магмой.

Далее переходим к характеристике зоны между сместителями (и между поверхностями разрыва), тополой, то заполненной осадочными, магматическими и тектоническими породами, в частности, тектоническими брекчиями.

9. Тектонические брекчии

(Брекчии трения или дислокационные брекчии)

Бывают образования, лишь напоминающие тектонические, но не являющиеся ими (псевдобрекчии). Это нередко метасоматические образования. Мы имеем в виду настоящие, а не кажущиеся тектонические брекчии. Они являются одним из признаков, который способствует обнаружению дизъюнктивов. Однако значение его относительное: есть дизъюнктивы, которые не сопровождаются образованием тектонобрекчий и милонитов, и есть тектонобрекчии, не свидетельствующие о наличии более или менее заметных дизъюнктивов (например, брекчии от дробящих сейсмических ударов или брекчии от взрыва газов). Наконец, не следует забывать, что некоторые образования называются милонитами и тектоническими брекчиями ошибочно. В действительности, это — осадочные породы. Чтобы избежать этой ошибки, мы в дальнейшем разбираем признаки осадочных брекчий.

Существует мнение, что тектонобрекчии (брекчии трения) свойственны главным образом сбросам. Основанием для этой мысли служит представление об образовании зияющих трещин, которые и заполняются обломками тектонобрекчии и которые чаще образуются при сбрасывании. Можно думать, что благоприятные условия для образования тектонобрекчий существуют местами и при образовании тангенциальных дизъюнктивов; правда, они развиваются в условиях сжатия, т. е. в условиях, не благоприятных для зияющих трещин. Но если их сместители более или менее волнисты, тектонические брекчии

могут образоваться, если процесс идет в верхнем этаже земной коры. В этом случае тектонобрекчии легче могут образоваться в депрессии «тектонического рельефа» сместителя. Впрочем, весь этот вопрос о распространении тектонобрекчий подлежит ревизии.

Если при известных условиях тектоническая брекчия доказывает дизъюнктив, то нужно установить, что брекчия именно тектоническая. Возникает, таким образом, вопрос, как отличить осадочные брекчии от тектонических (и милониты от песчаников и других осадочных пород).

Вопрос этот иногда весьма трудный. Он в ряде случаев должен быть оставлен без ответа, если нет достаточных данных для его решения, чтобы решение не было гадательным. Данному вопросу посвящена довольно значительная литература.

Во многих случаях различить среди брекчий их тектонические или осадочные разности все же возможно. Как?

Во-первых, по составу обломков. Так, осадочная базальная брекчия состоит из обломков только подстилающих пород и не содержит обломков накрывающих ее слоев. Наоборот, в тектонической брекчии могут быть обломки как лежачего, так и висячего крыла дизъюнктива. В момент образования осадочной брекчии перекрывающие ее слои не существовали и не могли в нее попасть; напротив, в момент образования тектонобрекчий существовали породы и висячего и лежачего крыла, и они могли попасть в обломки брекчии.

Кстати, отметим, что обломки в осадочной брекчии, как это вполне соответствует ее природе, перемещаются недалеко от источника их. Поэтому нетрудно найти недалеко от брекчии в коренных выходах лежачего бока те породы, из которых состоят обломки осадочной брекчии.

Состав цемента у осадочной и тектонической брекчий, как правило, резко различный. В таких ясных случаях в цементе осадочной брекчии мы найдем осадочные образования, например, песчаник, песчинки которого могут быть занесены издалека и хорошо окатаны. Цементом может быть известняк, легко отличающийся от кальцитовых жил, затем глинистый сланец. Все эти об-

разования могут содержать окаменелости; они могут быть слоистыми, хотя это бывает нечасто, а именно, когда имеются крупные полости между обломками, заполняемые иллювиальным путем.

Что же касается тектонических брекчий, то там цемент обломков представляет чаще всего какое-либо минеральное вещество, отложенное нисходящими и восходящими водами (кальцит, кварц и т. п.). Это вещество образует и жилки, в частности, в обломках тектонобрекчий. Структура такого цемента, конечно, довольно резко отличается от кластического цемента осадочных брекчий. Следует однако иметь в виду, что при известных условиях и в осадочной брекчии полости между обломками не заполняются сначала цементом; и лишь впоследствии во время диагенеза эти обломки цементируются, как и у тектонических брекчий, минеральным веществом, выпавшим из растворов. А у тектонических брекчий близ дневной поверхности цемент может быть иллювиальным, смытым сверху, например, песчано-глинистым.

Следы выветривания обломков, понятно, характерны для осадочных, а не для тектонических брекчий. Так, например, обломки темного известняка приобретают от окисления органического пигмента светлую каемку. На поверхности обломков осадочной брекчии могут быть следы выветривания, в частности, селективного выкрашивания минералов, отчего поверхность обломков становится шероховатой. Особенно ярко бывает выражено растворение обломков, получающих характерную изъеденную карстовую поверхность. При этом выступающие нерастворимые (например, кварцевые) жилки легко могут сохраниться. Наоборот, в тектонических брекчиях такие выступы, если и образовались, имеют мало шансов на сохранение в процессе тектонического движения.

Итак, мы перешли к характеристике формы обломков тектонических и осадочных брекчий; тут следует сказать и о штрихах, и царапинах на них. Осадочные брекчии могут образоваться путем мгновенного накопления обломков (например, во время обвала в горах) или же, наоборот, очень медленно, обломок за обломком (например, при образовании осыпей). И в том, и в другом случае сваливающиеся обломки могут получить бо-

розды и царапины, чаще же следы ударов. Однако прямые наблюдения в современных осыпях и обвалах показывают, что борозды, царапины и штрихи получаются далеко не всегда и даже чаще у подавляющего числа обломков отсутствуют.

Что касается тектонобрекчий, то тут могут быть два случая. В первом случае после образования тектонической трещины новых крупных движений вдоль нее не происходит, и полость заполняется обломками, упавшими со стенок трещины. Такие обломки едва ли будут иметь борозды скольжения, но они образуют в сущности осадочную брекчию. Во втором случае после образования обломков тектонобрекчии продолжается движение по дизъюнктиву и, естественно, обломки получают тектоническую штриховку.

Важное значение имеет секущий контакт тектонической брекчии по отношению к слоистости пород висячего крыла (при отсутствии опрокидывания); у осадочных брекчий такой контакт может быть, как правило, лишь у карстовых брекчий и у заполнений наклонных карманов выветривания, так как в этом случае осадочные брекчии моложе пород кровли брекчий. Конечно, осадочные и тектонические брекчии, особенно карстовые, могут переплетаться по времени образования: тектонические брекчии попадают в виде обломков в осадочные, а они, в свою очередь, могут превращаться дроблением в тектонические брекчии.

Если дизъюнктивы расширения, например, разломы, заполняются не магмой, а осадочной брекчией, последняя может быть средством распознавания и прослеживания разломов.

Полагают, что в случае волочения на больших расстояниях обломки брекчии могут испытать даже значительную механическую обработку, сравнимую с окатыванием галек. Так, считают, что получаются тектоноконгломераты («месиво», по акад. В. А. Обручеву) или «конгломераты» трения.

Механизм образования таких тектоноконгломератов, если они действительно существуют, выяснен недостаточно. В некоторых случаях их образованию способствует наличие такой первичной структуры, как конкреции, желваки или прослойки песчаника, разбитые на

бруски, когда возникает явление будинажа или, по В. М. Ляхницкому и В. В. Белоусову, — раздвига. В некоторых случаях тектоноконгломераты есть обычные конгломераты, подвергшиеся динамометаморфизму. Наконец, бывают и такие первичные структуры, как грубопорфировые (у рапакиви), которые при сильном динамометаморфизме превращаются в подобие строения тектоноконгломератов. Имеются ли настоящие тектоноконгломераты, т. е. получившиеся путем тектонического «окатывания» (с образованием даже полировки), нам кажется сомнительным. Если же они действительно образуются, то на поверхности псевдогалек должны бы быть следы механической обработки в виде штрихов и царапин.

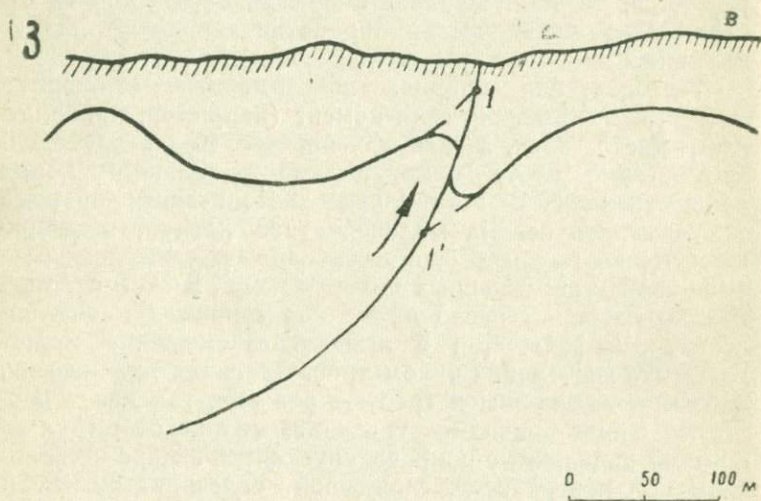
Тектоническая природа конгломератов становится весьма сомнительной, если цемент (например, карбонатный) мягче галек, а гальки — висячие. Как и у осадочных брекчий, гальки могут состоять только из пород лежащего бока. В этом случае тектоническая природа конгломерата весьма маловероятна. Следует подчеркнуть, что почти никто еще не описал тектонических конгломератов у несомненных дизъюнктивов. В этом отношении было бы интересно изучить тектонические зоны волочения шарьяжей, где амплитуда смещения может достигать нескольких километров. Описания их имеются, но они не бесспорны и требуют ревизии, так как в последнее время появились указания, что некоторые альпийские шарьяжные покровы спускались в море и скользили по поверхности, сложенной галечниками. Если шарьяжный панцирь, или покров, при своем движении встречает депрессию или обрыв, он захватывает крупные обломки и сгружает их в «тени движения»; он образует грубообломочную тектоническую брекчию, неточно называемую тектонической мореной (И. В. и Д. И. Мухометовы, 1935, стр. 282).

Одним из критериев при определении природы брекчи является характер ее контакта. В случае осадочного генезиса брекчи она погребает под собою поверхность выветривания, нередко с карманами выветривания, заполненными продуктами выветривания. Эта межформационная поверхность под осадочной брекчией не обяза-

тельно должна иметь штрихи, царапины и борозды скольжения (как под тектонобрекчией).

10. Полости и пещеры

В результате движения по ломаному или изогнутому сместителю могут образоваться более или менее значительные полости (или камеры и пещеры) (фиг. 6), по которым нетрудно определить направление движения, если изгибы или изломы висячего и лежащего бока, ограничивающие полости, повторяют друг друга.



Фиг. 7. Изгибы волочения по дизъюнктиву

Если сместители волнисты, могут получиться четковидные полости. Полости в растворимых породах расширяются карстовым процессом.

11. Жилы, дайки, силлы и т. п.

Вначале полости заполнены лишь подземной атмосферой или водою и только отчасти продуктами тектонического дробления. Позже они заполняются отложениями из растворов (в том числе рудоносных) с образовани-

ем «камерных» и четковидных жил с «первичными раздувами и пережимами». Полости могут быть заполнены и магмой с образованием изверженных пород жильной фации.

Если смещение идет перпендикулярно поверхности скальвания или разрыва, образуются зияющие трещины, как элемент дизъюнктивов растяжения. Они затем заполняются не менее разнообразным материалом, чем выше отмечено.

Для диагностики типа дизъюнктивов особенно большое значение имеют тонкие жилки, отделяющие висячий и лежащий бок сместителя и состоящие из волокнистых перекошенных минералов. Как использовать их для распознавания дизъюнктивов, отмечено ниже в III главе.

12. Зоны милонитов и ультрамилонитов

Смысл этих слов говорит о перемалывании и истирании, т. е. о довольно тонком дроблении и перетирании, достигающем высшей степени совершенства в ультрамилонитах. Таким образом, с процессом милонитизации (или тонкого дробления) горных пород связывается представление о большой амплитуде поступательного дизъюнктивного перемещения. Следовательно, зоны милонитов и ультрамилонитов должны быть свойственны крупным дизъюнктивам (за исключением крупных разломов или раздвигов). Впрочем, если тонкое перетирание возможно путем шлифующих колебательных сейсмических движений по сместителю или вдоль зоны дизъюнктива, то милониты следует ожидать и у дизъюнктивов малой амплитуды.

Зоны милонитов и ультрамилонитов скорее следует относить чаще не к висячим и лежачим крыльям, а к промежуточной между ними зоне резко выраженного динамометаморфизма, порожденного дизъюнктивом. Конечно, это в известной мере условно, так как в других случаях милониты и ультрамилониты образуют зоны внутри висячего или лежачего крыла.

13. «Сбросовая» жильная глинка

Представляет отчасти заполнение полости между висячим и лежачим боками илювиальным глинистым ма-

териалом, вымытым сверху по трещинам с поверхности или из коры выветривания. Конечно, название «сбросовая» далеко не всегда отвечает типу дизъюнктива и оно, вообще говоря, неточно. Кроме того, вместо глины полости могут заполняться и более грубым (песчано-глинистым и др.) материалом, карбонатными отложениями с образованием «осадочных даек».

«Сбросовой» жильной глиной называют также продукт каолинизации пород всячего и лежащего крыльев дизъюнктивов, чему может способствовать их тонкое перетиранье или дробление.

Далее переходим к характеристике морфологии зон дизъюнктивного смещения, прилегающих к сместителям со стороны всячего и лежащего крыла дизъюнктива. Начнем с важнейших структур этих зон — с изгибов и складок волочения и других пластических деформаций.

14. Изгибы и складки волочения

Некоторые еще говорят: «подгибы волочения». Это — неудачный термин: нога подгибается под тяжестью в результате продольных натяжений, а не в результате скольжения. У И. В. Мушкетова (1935, стр. 301) описаны пережимы флексур, переходящие при образовании из флексур сбросов в изгибы волочения, названные неправильно по-прежнему пережимами. Что же такое изгибы волочения? В зоне, генетически связанной с дизъюнктивами, где структура преобразована дизъюнктивным перемещением, возникают новые, обычно мелкие, как пликативные, так и дизъюнктивные дислокации, порожденные дизъюнктивом. Те же, которые были там раньше, деформируются. К таким деформациям относятся и изгибы волочения.

Изгибы и складки волочения возникают под влиянием пары сил, действующей вдоль сместителя и встречающей сопротивление (трение). Эти изгибы могут деформировать любую линию, поверхность и тело небольших размеров. Изгибы и складки волочения возникают в зоне скольжения, и эта пространственная связь является их диагностическим признаком (фиг. 7). Они дают возможность определить направление смещения по дизъюнктиву, который создал их. Однако мы должны суметь отли-

чить их от всякой складки, которая возникла по другой закономерности до изгиба волочения (или после него) (по резкому изменению радиуса кривизны, по изменению направления изгиба на обратное и т. п.).

Исследование изгибов и складок волочения, разумеется, надо делать, по крайней мере, в двух непараллельных разрезах. Конечно, за счет величины изгибов волочения надо исправлять амплитуду дизъюнктивов.

15. Зоны смятия

Под зонами смятия разумеются обычно локальные зоны более сильных пликативных дислокаций, пространственно связанных с крупными региональными дизъюнктивами. Разумеется, внутри зоны смятия присутствуют и дизъюнктивы второго порядка по сравнению с главным, региональным. Возможно, бывают зоны смятия, не связанные с региональными дизъюнктивами. Примером зоны смятия является Прииртышская зона смятия большой ширины и длиной лишь в обнаженной части в сотни километров.

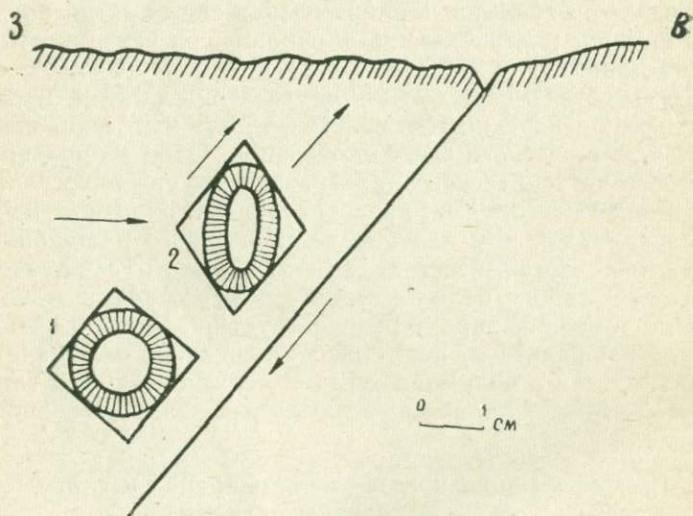
Разумеется могут быть и мелкие зоны смятия, представляющие нередко зоны сланцеватости истечения или зоны тектонического разлинзовывания. Одно из явлений местного тектонического преобразования, связанного отчасти с дизъюнктивами, представляет своеобразный процесс будинажа, или явление тектонического растекания угловатых частей некогда единого хрупкого слоя, окаменелости (вроде белемнитов в юрских сланцах Альп) и т. п. Конечно, характерные структуры зоны смятия могут наблюдаться не только в висячем и лежащем крыльях, но и в обломках тектонических брекчий, а также в затертых «пакетах» между лежачим и висячим боками.

16. Деформации кристаллов, конкреций и т. п. в дизъюнктивных зонах

Подобно деформации рубцовых жилок микротектоника дизъюнктивных зон может быть выяснена в каждой точке, где встречается какое-либо тело определенной формы, участвовавшее в деформации. Такими телами могут быть идиоморфные кристаллы и некоторые виды

окаменелостей с определенной и простой формой, например, цилиндрической (у кораллов) и конической (у кораллов и археоциат), а также шаровидной и т. п. Реже можно воспользоваться шаровидными конкрециями, миндалинами, гальками и другими более или менее определенными формами.

Несомненно, чтобы установить характер деформации в данной точке предлагаемым выше способом, необходимо получить два сечения: одно из них должно быть по падению дизъюнктива, а другое (уже не вертикальное, а горизонтальное) — по простиранию сместителя. Оба эти сечения должны по возможности рассечь одно и то же тело окаменелости, кристалла и т. п. Это не так просто, но все же возможно, хотя и не всегда, как это давно уже доказано в палеонтологии при изучении кораллов в двух-трех сечениях (поперечных, продольных и касательных к кораллиту).

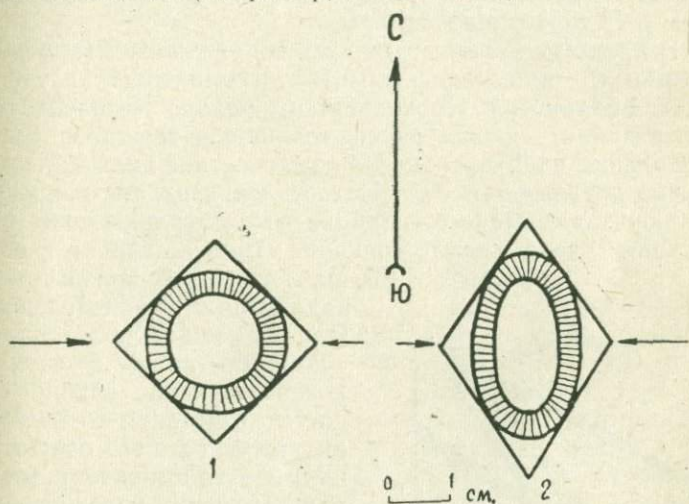


Фиг. 8. Деформация кубков археоциат

На фиг. 8 и 9 показана для примера деформация кубка археоциата. Конечно, необходимо при этом учитывать, как расположена ось кубка. Иначе даже для не-

деформированного кубка (или цилиндрического коралла) можно получить эллиптическое сечение.

Предлагаемый метод, конечно, применим для изучения всяких пластических движений (например, для изучения складчатости); правильные результаты получаются в том случае, когда окаменелость и включающая порода одного состава (например, из кальцита).



Фиг. 9. Деформация кубков археоциат

В других случаях, когда окружающая среда пластичнее (например, глинистый сланец), а окаменелость или минерал (например, пирит) тверже, последние могут или вовсе не изменить свою форму, или мало изменить, сравнительно с пластическими движениями среды. В таком случае последние сопровождаются отслаиванием твердого включения или его обтеканием, иногда с образованием мелких пустот в направлении растяжения. Это, конечно, тоже можно использовать для определения направления смещения.

Рассмотрим далее дизъюнктивы-спутники, встречающиеся в зоне смещения.

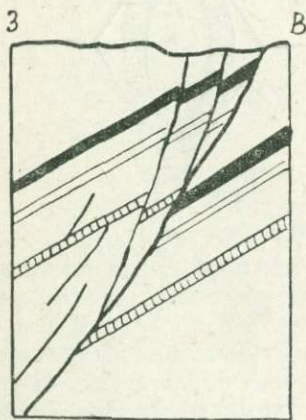
17. Дополнительные и апофизные дизъюнктивы

Ответвлениями дизъюнктивов, или апофизными дизъюнктивами, называются дизъюнктивы второго порядка,

или дополнительные дизъюнктивы, возникающие в связи с главным, более крупным дизъюнктивом, без которого они не могут возникнуть. Они являются усложнением структуры крыльев главного дизъюнктива. Если их включить в число признаков, по которым определяется мощность дизъюнктивных зон, то мощность последних сильно возрастает по сравнению с обычным представлением об этой мощности.

В последнее время сложные, сопряженные (с ответвлениями, или апофизами) дизъюнктивы изучены А. А. Белицким в Прокопьевском районе Кузбасса, где они развились вдоль ранее возникшей трещиноватости нескольких направлений. При диагностике дизъюнктивов можно использовать как ответвления их, так и другие дизъюнктивы второго порядка или микродизъюнктивы, спутники главных, усложняющие строение кровли и поч-

вы главных дизъюнктивов, подлежащих определению. Однако это использование возможно лишь в случае, когда изучена закономерность сочетания главного дизъюнктива с его ответвлениями (угол между ними и т. п.), или при условии, когда доказано, что спутники главного параллельны ему и однородны с ним, будучи его отражением в зоне дизъюнктивного смещения (фиг. 10).



18. Затертые блоки

Фиг. 10. Апофизы дизъюнктива

Пакеты и линзы пластов и неслоистых пород являются местной особенностью строения дизъюнктивов; крупные пачки пластов, или глыбы, блоки и линзы неосадочных пород, выкроенные дополнительными дизъюнктивами или их ответвлениями, смещаются и заклиниваются между висячим и лежащим боками дизъюнктивов. Если можно выделить главный и второстепенный дизъюнктивы, то эти блоки и пакеты можно отнести

к висячему или лежащему крылу первого, а не к промежуточной между его боками зоне. Та же условность имеет место и при рассмотрении следующих образований.

19. Затертые пачки и обломки

Получаются при послойных дизъюнктивах. Они хорошо известны в зоне смещения по послойным дизъюнктивам Кузбасса и в других месторождениях сильно дислоцированных пластов каменного угля. При этих движениях пачки и пласты пустой породы захватываются почти послойным дизъюнктивом и увлекаются внутрь пласта угля, повышая его зольность и снижая качество. Это явление хорошо известно шахтным геологам Кузбасса. Оно описано М. А. Усовым (1940, и др.).

20. Зоны местной рассланцовки

Часто сопровождают дизъюнктивы, идут параллельно и в таком случае являются неотъемлемым элементом дизъюнктива. Их мощность, насколько известно, варьирует в обычных случаях от ничтожной до метров и десятков метров. Указания на то, что есть зоны локальной сланцеватости мощностью в километры, порожденные дизъюнктивом, сомнительны. Есть дизъюнктивы, особенно среди согласных взбросов, которые настолько гладко срезают пересеченные горные породы, что трудно заметить сместитель. В таких случаях мощность зоны локальной сланцеватости вдоль дизъюнктива спадает до нуля.

Далеко не всякие дизъюнктивы сопровождаются рассланцовкой, генетически связанной с ними. У некоторых она не возникает или развивается в малой мере. К таким относятся: а) микродизъюнктивы, б) многие дизъюнктивы в недиагнетизированных свитах, в) некоторые сбросы, г) все разломы и, вероятно, все разрывы, д) некоторые другие дизъюнктивы, лежащие ближе к поверхности литосферы, или их верхние части. В последнем факте сказывается вертикальная зональность строения земной коры, проявляющаяся в дизъюнктивах.

Всякая ли зона более густой сланцеватости, секущей слон, доказывает наличие дизъюнктива и если да, обязательно ли этот дизъюнктив — крупный? Этот вопрос

весьма интересен. Как теперь известно, есть зоны интенсивной локальной сланцеватости, которые не смещают пересеченные структуры. К сожалению, эти случаи мало привлекали внимание и почти не описаны. Между тем значение их велико. Они показывают, что хотя и есть генетическая связь между дизъюнктивами и зонами сланцеватости, но эта связь сложнее, чем кажется: дизъюнктивы не являются единственной причиной возникновения таких зон локальной сланцеватости; они являются лишь одним из условий их возникновения (или же есть условия, общие и для дизъюнктивов, и для локальной, сгущенной сланцеватости, порождающие и то и другое).

Локальные зоны сланцеватости, таким образом, не являются безусловным доказательством наличия дизъюнктива. С другой стороны, дизъюнктивы легче развиваются по ранее образовавшейся сгущенной сланцеватости; это бывает далеко не всегда, а по отношению к только что возникшим осадкам и горным породам — почти никогда по той простой причине, что в них еще не успели появиться трещины, а тем более их зоны сгущения.

Значение местных зон рассланцовки как положительное, так и отрицательное таково. Если они совпадают с региональными дизъюнктивами, то позволяют легче проследивать эти дизъюнктивы при геологическом картировании: на месте таких зон в силу селективности выветривания образуются седловины. Кроме того, такие зоны, как правило, водоносны, с ними могут быть связаны обильные трещинные воды и их источники. Особенно ярко это может быть выражено в карстовых районах, где вдоль зон повышенной трещиноватости развиваются карстовые воронки, а на дне долин образуются вклюдзы. Наконец, в случае полезной минерализации зоны сланцеватости могут стать вмещищем промышленного месторождения полезных ископаемых. Примеров этому мы знаем много, особенно среди месторождений киновари.

Отрицательное значение тех же зон состоит в том, что в подземных выработках затрудняется в них крепление; они дают очень много воды, с которой трудно бороться; вдоль них глубоко проникает выветривание,

которое местами портит полезное ископаемое, например, снижает калорийность угля (из-за его окисления).

Локальная сланцеватость, идущая параллельно (основному) сместителю, при сгущении достигает степени листоватости или листоватой сланцеватости. В зонах дизъюнктивных смещений локальная сланцеватость нередко сочетается со сланцеватостью истечения, а также с дроблением пород. Своеобразная текучесть твердых горных пород в первую очередь проявляется в наиболее слабых из них; но при известных условиях, на глубине, она возникает и в прочных интрузивных породах, например, в диоритах, гранитах и т. п.

Для поверхностной местной рассланцовки и локальной сланцеватости, генетически связанной с дизъюнктивом, свойственны царапины и штрихи, параллельные бороздам скольжения на сместителе этого дизъюнктива. Это имеет важное диагностическое значение, когда сместитель недоступен для исследования.

21. Рубцовые трещины и жилки

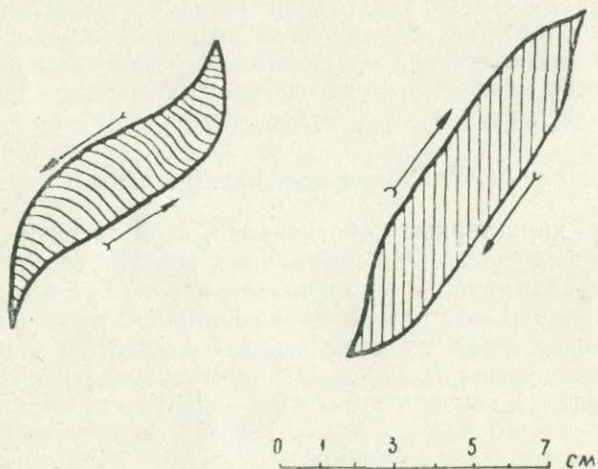
Это характерные образования, свойственные дизъюнктивным зонам. Они возникают в результате сильного развальцовывания и растягивания пород. Тут возможны два случая: 1) до развальцовки не было тектонических трещин, 2) такие трещины были. В последнем случае рубцовые трещины большей частью унаследованные; они унаследуют и преобразуют свойства прежних трещин, в частности, их ориентировку. В первом случае трещины получаются рваные, короткие и очень большой ширины (сравнительно с длиной), достигающей до 1—2—3 см и более. В общих случаях трещины расширяются и, как правило, заполняются теми или иными минералами, нередко волокнистым кальцитом и кварцем (реже актинолитом и т. п.). Как показано на фиг. 11 и 12, такие жилки перекашиваются в процессе продолжающейся деформации зоны волочения в ту же (или после перерыва в следующую) фазу тектогенеза.

Рубцовые трещины и жилки, появляющиеся вновь во время развальцовки в зоне волочения, ориентированы в момент возникновения преимущественно под острым углом к сместителю. Как они располагаются, это зави-

сит от элементов залегания дизъюнктива, от направления движения и от структуры пород, где они возникают.

Рубцовые жилки, если они волокнистые и если волокна перекошены и изогнуты в виде интеграла или буквы «S», очень ясно показывают направление вращающих сил. Таким образом, они отчетливо и во многих местах фиксируют микротектонику дизъюнктивных зон. В этом их удобство и значение.

В заключение отметим, что далеко не всякие дизъюнктивы сопровождаются рубцовыми трещинами и жилками. Они возникают у дизъюнктивов в зонах интенсивного раздавливания. Однако эти образования возникают местами в регионально-рассланцованных толщах в зонах



Фиг. 11. Изгиб волокон кальцита в рубцовых жилках

Фиг. 12. Перекашивание волокон кальцита (там же)

повышенной сланцеватости и течения, вне связи с дизъюнктивами. Иначе говоря, только одни рубцовые трещины и жилки не доказывают наличия дизъюнктива, а их отсутствие само по себе не опровергает дизъюнктива.

Кроме описанных рубцовых трещин, выделяют еще перистые трещины скалывания или срезания, возникаю-

щие в зонах дизъюнктивных смещений и секущие как рубцовые жилки, так и сланцеватость вдоль сместителя (Усов, 1940, стр. 75).

22. Зоны дробления и какиритов

Процесс образования тектонических брекчий, связанных с дизъюнктивами, может находиться в зачаточной стадии, когда еще не возникли эти брекчий. В этот момент образуются зоны дробления или зоны какиритов. Какиритами, как известно, называются сначала не сцементированные, брекчиевидные породы без или почти без значительного относительного смещения обломков. Если обычная тектоническая брекчия уже образовалась, она может переходить в сторону затухания движения в какирит, а затем и во все менее и менее раздробленную горную породу. Благодаря сильному дроблению и разбитости на мелкие несцементированные кусочки из какиритов почти невозможно обычным путем получить нормальный геологический образец. В этом отношении какириты сходны с «гнилыми камнями», получающимися в результате выветривания (или с сапролитами). Конечно, последние, как и какириты, могут быть сцементированы и тогда их механические свойства резко меняются. Если перед нами настоящий какирит, а не продукт физического выветривания, он может свидетельствовать, как правило, о наличии дизъюнктива, хотя бы мелкого или зачаточного. Исключения из правила связаны с мгновенными сейсмическими дробящими ударами, в частности, с теми, которые могут порождаться взрывоподобным, мгновенным освобождением внутриатомной энергии, или так называемыми ядерными реакциями. О таких природных процессах пока можно лишь предполагать на основании взрыва вулкана Кракатау и с учетом еще более грандиозных процессов далекого прошлого. Эти дробящие удары не везде ведут к смещениям, а следовательно, не всякий какирит является безусловным доказательством дизъюнктива.

23. Зоны геофизических аномалий

Характеризуют нередко преобразованные дизъюнктивом породы его висячего и лежащего боков; с ними могут

совпадать гравитационные и магнитные аномалии. В зонах локальной расланцовки появляется физическая анизотропность. В связи с большей водоносностью расланцованных зон они характеризуются повышенной проводимостью. С гидрогеологической точки зрения, эти зоны — зоны обильных трещинных вод. Ограничимся этими краткими замечаниями, так как все подобные и другие особенности зон дизъюнктивного смещения являются диагностическими признаками, упоминаемыми в следующей главе.

МЕТОДИКА РЕШЕНИЯ ВОПРОСА О НАЛИЧИИ ИЛИ ЖЕ ОБ ОТСУТСТВИИ ДИЗЬЮНКТИВА

1. Всестороннее исследование дизъюнктивов — многообразная, сложная задача, решаемая целым комплексом методов геологии. Из этого комплекса мы возьмем главным образом или исключительно ту методику, которая касается распознавания или диагностики дизъюнктивов. При этом мы имеем в виду не только определение типа дизъюнктива или количественную его характеристику, но также методику исследования развития многофазных дизъюнктивов (т. е. дизъюнктивов, возникших в одну фазу тектогенеза и развивавшихся в следующие фазы тектонического развития).

Таким образом, задачу диагностики дизъюнктивов мы расчленим несколько условно на следующие четыре, все более сложные, обычно переплетающиеся задачи:

1) решение вопроса о том, есть ли дизъюнктив или его нет (распознавание дизъюнктива);

2) задача определения типа дизъюнктива, если он является однородным (однофазным), или качественная характеристика однофазного дизъюнктива;

3) количественная характеристика или оценка однофазного дизъюнктива (задача определения величины или амплитуды смещения);

4) исследование фаз развития дизъюнктива.

Перечисленными задачами не исчерпывается программа изучения дизъюнктива, так как можно выделить и многие другие задачи:

1) определение возраста дизъюнктива и датировки каждой фазы его развития, 2) характеристика причин, условий его возникновения и развития, 3) изучение связи данного дизъюнктива с другими дизъюнктивами, а

также с пликативной и трещинной тектоникой, с вулканизмом, метаморфизмом и оруденением, 4) картирование, например, прослеживание под рыхлой толщей и др. Однако мы сознательно ограничиваем содержание данной работы комплексной методикой решения перечисленных четырех задач.

Итак, первая наша задача заключается в рассмотрении методики решения вопроса о наличии или отсутствии дизъюнктива. Решать его далеко не всегда нужно. Так, в раздавленных мраморах имеются мириады микродизъюнктивов — двойников скольжения. Но нет смысла в их определении. Затем, если нас интересует составление геологической карты, то для нас безразличны все мелкие дизъюнктивы, не изображимые на карте заданного масштаба. За исключением приведенных примеров, распознавание дизъюнктивов может иметь крупное теоретическое или важное практическое значение. Достаточно указать, что не уметь решать эту задачу означает пропустить на геологической карте дизъюнктив, имеющийся в природе, или, напротив, показать на карте дизъюнктив, которого нет в земной коре. Такую ошибку должен стремиться избежать всякий геолог, которому поручено ответственное дело геологической съемки. Достаточно затем указать, что существуют рудовмещающие, например, киновареносные дизъюнктивы. Ясно, что означает найти такой дизъюнктив или, напротив, пропустить его. Таким образом, в рудных полях только одно решение вопроса: имеются ли дорудные или рудоносные дизъюнктивы, независимо от того, какой он и насколько велик, — только одно это уже представляет собой полдела, или даже почти все дело в диагностике дизъюнктивов. Ведь такие дизъюнктивы являются важнейшим поисковым критерием. Понятно, к этой стороне геологических исследований нужно отнестись с должным вниманием. Нужно, я бы сказал, проявить зоркость хорошо подготовленного геолога, знающего закономерности, которым подчиняются дизъюнктивы.

На первых стадиях исследования фактов может оказаться недостаточно, чтобы доказать вполне достоверно наличие дизъюнктива, хотя оно возможно или вероятно. Такие предполагаемые, вероятные, или неточно нанесен-

ные дизъюнктивы изображаются на геологических картах черточным пунктиром разного типа.

Нельзя сказать, что доказательство наличия или отсутствия дизъюнктива — простая задача. Обычно это не так, особенно потому, что поверхности и зоны смятия ослаблены и поэтому часто закрыты рыхлым покровом. Это еще одна важная причина, почему данную методику следует рассматривать достаточно внимательно и подробно. Но иногда мы говорим, что дизъюнктив очевиден. В этом случае даже и не возникает вопроса о наличии или отсутствии дизъюнктива: он является несомненным или, так сказать, наблюдаемым фактом. Однако бывают очевидные и кажущиеся очевидными дизъюнктивы. Степень достоверности наблюдаемого факта может меняться и ее можно оценивать.

Какие же подстерегают нас ошибки, когда дизъюнктив нам кажется ясным? Это прежде всего случай внезапного прекращения выдержанной свиты или толщи, исчезающей не под влиянием дизъюнктива, а потому, что она проплавлена магмой или уничтожена метасоматозом (например, свита мрамора, превращенная во вторичные кварциты), или растворением (например, пачка известняка, упирающаяся в пещерные отложения на месте карстовой пещеры). С другой стороны, всякие (даже выдерживающиеся на большие расстояния) отложения не могут выйти за пределы площади осадконакопления. Они то кажутся срезанными со стороны лежащего бока (слои трансгрессивной серии, прилегающие под острым углом к своему фундаменту), то кажутся пересеченными косо или под прямым углом (аллювий, пролювий, пещерные отложения и проч.). Однако во всех приведенных случаях мы не видим, предполагая смещение, смещенного продолжения выдержанных в пространстве отложений. Кроме того, знание элементарных основ геологии — строения и фаций осадков, прилегающих к более древним образованиям под углом, должно предохранить от ошибки.

Еще меньше оснований считать очевидным дизъюнктив, когда внезапно и тупо оканчивается пластообразное магматическое тело.

Очевидным является дизъюнктив, если он выражен раздвиганием стенок трещины перпендикулярно поверхности скальвания или разрыва, если мы видим крупные

зияющие трещины, не связанные с выветриванием или заполненные магматической породой. Но метасоматические тела в такой же структурной обстановке, напротив, вовсе не свидетельствуют об очевидном раздвигании слоев.

Итак, бывают очевидные и кажущиеся («очевидные») дизъюнктивы. Очевидными можно признать относительно мелкие дизъюнктивы, сопоставимые с величиной обнажений, если мы видим как сместитель, так и обе смещенные части какого-либо пласта или других геологических тел и поверхностей, причем прежнее единство их разобщенных частей теперь также очевидно и несомненно. Другими словами, местами только дизъюнктивом можно объяснить то, что мы видим в поле с полной ясностью.

Смещение даек и силлов кажется бесспорным, когда мы видим внезапное их окончание; но нужно по внутренней структуре и здесь проверять, имеется ли обрез или тупое первичное окончание кулисообразных тел.

Очевидным можно считать дизъюнктив, если мы видим тупой обрез пласта и если притом исключается первичное прилегание этого пласта (например, к стенке карстовой пещеры).

Если дизъюнктив не так уже очевиден, а его зона смещения и сместитель доступны исследованию, надо обратиться к их морфологии, чтобы обосновать наличие дизъюнктива (или напротив его отсутствие). Из того, что сказано об этой морфологии, многое уже ясно. Добавим лишь несколько слов.

Несомненно, наиболее достоверно доказывают дизъюнктив царапины и борозды скольжения, а также изгибы волочения, если их природа не вызывает сомнения, т. е. ясна; их образование можно объяснить только дизъюнктивным смещением. Отсутствие изгибов волочения не может доказать отсутствия дизъюнктива. Отсутствие же царапин и борозд скольжения, если оно не кажущееся, если они не уничтожены, является серьезным фактом против наличия дизъюнктива. Правда, это верно лишь в том случае, если не было дизъюнктива расширения, т. е. такого, когда движение идет не вдоль сместителя. Если же образовалась зияющая трещина или в нее внедрилась магма, то даже от движений вдоль этой

трещины или вдоль магматического тела царапин не получится.

Хорошим признаком дизъюнктива являются такие порожденные им породы, как милониты, если они не сейсмические. Далее, четковидные минеральные жилы при известных условиях (если они не обязаны своей формой метасоматозу и будинажу, а также повторению двух ломаных висячего и лежащего боков дизъюнктива) доказывают наличие последнего.

Доказательством, по крайней мере, эмбрионального дизъюнктива являются перекосы, эсобразные (или интегралообразные) изгибы волокон и шестоватых кристалликов жилок, идущих вдоль сместителя, а также изломы или переломы слоев и сланцеватости.

Если выражением предполагаемой дизъюнктивной зоны является локальная зона сланцеватости, то наличие микродизъюнктивов, идущих в одном направлении вдоль сланцеватости, само по себе доказывает небольшой дизъюнктив — интеграл этих мельчайших смещений. Вместе с тем, как правило, последний является лишь маленьким спутником и, значит, признаком значительно более крупного дизъюнктива. Другими словами, в данном случае есть зона локальной сланцеватости, кроме того не только зона сгущенных трещин, но и, по крайней мере, мелкие дизъюнктивы.

2. Незаметные труднооткрываемые смещения (дизъюнктивы-невидимки). Итак, бывают очевидные дизъюнктивы. Мы, однако, не можем пройти мимо других случаев, когда отсутствие дизъюнктива кажется тоже очевидным, ясным, но тем не менее он все-таки есть. Речь идет о труднораспознаваемом или о так называемом дизъюнктиве-невидимке. О нем было сказано выше, при характеристике линии обреза, притом достаточно определено, но мы здесь подчеркнем еще раз важность учета дизъюнктива-невидимки.

Некоторые полагают, что если дизъюнктив, прослеженный по его простираанию, не смещает какого-либо контакта на продолжении этого дизъюнктива, то он затухает. На том же основании некоторые геологи считают безграмотностью, если на карте или на разрезе дизъюнктив сечет, но не смещает какую-либо границу или форму тела. На такой оценке они особенно настаивают, если

изображение дано в крупном масштабе, т. е. достаточном для изображения даже мелких смещений. Нельзя не признать, что такое мнение имеет много шансов на соответствие с действительностью. Но не более. Строго говоря, ни то, ни другое мнение не обосновано, и от них следует воздержаться. Почему? Да потому, что возможно движение вдоль линии скрещения, а в этом случае дизъюнктив не вызывает видимого смещения. Это и есть признак дизъюнктива-невидимки.

В качестве примера такого дизъюнктива приведем сдвиг горизонтальных пластов. Сечение их сместителем (линия обреза), конечно-горизонтальное. Но и направление смещения тоже горизонтальное. Ни одна из смещенных частей не понижается и не повышается. Разорванные части пласта остаются вместе, на одном и том же уровне, а дизъюнктив получается незаметным, поскольку его крылья остаются соприкасающимися.

То же получается при вертикальном смещении вертикальных пластов.

Легко представить себе другой близкий случай, когда движение идет почти параллельно линии скрещения. Тут результат смещения будет видим, но малозаметен. В обычном, мелком масштабе его не изобразишь. Бывает, что не видно сместителя и смещенных вдоль него структур; в этом случае при малейшей задернованности вместо дизъюнктива можно представить себе изгиб слоев или дополнительную складку.

Как же быть в таком затруднительном случае? Ответ на это достаточно прост: необходимо найти другую поверхность, которая не параллельна первой (пересеченной дизъюнктивом и не смещенной им). Если эта вторая поверхность или тело тоже не смещается предполагаемым дизъюнктивом, значит его действительно нет (или дизъюнктив затух к данной точке наблюдения). Если же смещение есть, то и дизъюнктив есть, но при пересечении первой структуры он вел себя как дизъюнктив-невидимка.

Как видно из определения дизъюнктива-невидимки и из самой сути предлагаемого метода его поисков, он далеко не всегда применим: если дизъюнктив не выходит из пределов крыла складки с однообразным (или гомо-

клинальным) залеганием, то наш метод применить, очевидно, нельзя, так как нет единственного условия его применения: нет непараллельных слоев.

Итак, чтобы обнаружить «невидимку», необходимо, чтобы этот дизъюнктив пересекал близко расположенные непараллельные слои (например, в двух крыльях складки), или дайки, силлы, жилки, различные контакты; это при одном, конечно, непременном условии: эти тела и поверхности должны быть выдержанными и легко узнаваемыми по обе стороны дизъюнктива.

Нужно видеть смещение, чтобы доказать дизъюнктив — таково требование некоторых геологов. Но оно неверно, раз есть дизъюнктивы-невидимки. Конечно, бесспорно важно видеть этот непосредственный контакт. Но его часто далеко не достаточно для доказательства дизъюнктива и, наоборот, если этот непосредственный контакт и не виден, все же наличие дизъюнктива не может вызывать при некоторых условиях никакого сомнения. Таким образом, во-первых, не следует переоценивать значение непосредственного контакта смещенных частей для доказательства этого смещения; во-вторых, безусловно неправильно требовать для такого доказательства, чтобы контакт смещенных частей обязательно и при всяких условиях наблюдался. Те, кто только на этом основании (отсутствие непосредственных наблюдений контакта) ставят под сомнение или отрицают наличие дизъюнктива, не вполне овладели всеми сторонами диагностики дизъюнктивов. Такие геологи еще встречаются. Так, в вышедшем в 1954 г. «Методическом руководстве по геологической съемке и поискам» С. А. Музылев пишет на стр. 63: «Доказать, что данная трещина действительно является поверхностью тектонического контакта, можно только в том случае, если вдоль нее наблюдается смещение пластов»; притом иллюстрирует это положение рисунком 26, на котором ошибочно отрицается перемещение пласта (в левой половине чертежа) и на котором в действительности было одно движение по косой линии или 2 движения: а) перпендикулярно к сместителю и б) вдоль сместителя. Приведенная выше фраза недостаточна еще и потому, что имеются в виду лишь пласты (тогда как следовало говорить и о всяких других выдержанных телах и поверхностях). Если бы было

верно приведенное выше высказывание, то наше положение было бы очень затруднительно, ибо, как давно известно, дизъюнктивы обычно замаскированы рыхлым покровом. Об этом особенно хорошо сказал В. А. Обручев в его «Полевой геологии» (1932, т. 1, стр. 246). Но в действительности наше положение нередко не так уже плохо, если даже не видно непосредственного контакта.

Непосредственные контакты (если их изучают геологи, не имеющие вполне ясного представления о диагностике дизъюнктивов или не имеющие достаточно времени для их изучения) нередко вводят в заблуждение: в одних случаях они ведут к переоткрытию дизъюнктивов, а в других, наоборот, к пропуску или к недооценке дизъюнктива. Хорошим примером второго может служить дизъюнктив «К» в Прокопьевском районе Кузнецкого каменноугольного бассейна. Он был хорошо установлен горными работами, когда на более низком горизонте был снова пересечен квершлагом. Хотя было известно заранее, в какой примерно точке квершлага будет встречен сместитель взброса «К», он все же при документации выработки был пропущен, так как в контакте там были сходные породы и не было обрезанного сместителем пласта. Потребовалось затем дополнительное, очень тщательное исследование стенок квершлага и специальные поиски, чтобы, наконец, обнаружить сместитель, мало отличающийся от обычной трещины или зоны трещин, проходящей в почти одинаковых горных породах. А этот взброс «К» имеет большую амплитуду смещения, измеряемую сотнями метров. В связи с этим фактом не приходится удивляться тому, что дизъюнктивы-невидимки легко пропускаются даже при детальных исследованиях и крупномасштабной съемке.

Легко возникает и противоположная ошибка. Часто дизъюнктив проводится на карте на основании местного зонального развития рассланцовки. Между тем она может быть вызвана не дизъюнктивом, а другими причинами. Бывает и так, что в непосредственном контакте двух пород наблюдаются явления дробления, видны и брекчии. В таком случае многие склонны говорить о несомненном или «наблюденном» дизъюнктиве, но на самом деле этого дизъюнктива может и не быть. Такая же ошибка легко возникает, в частности, если пещерные от-

ложения, подходящие впритык к стенке пещеры, принимают за обрезанные дизъюнктивами слои.

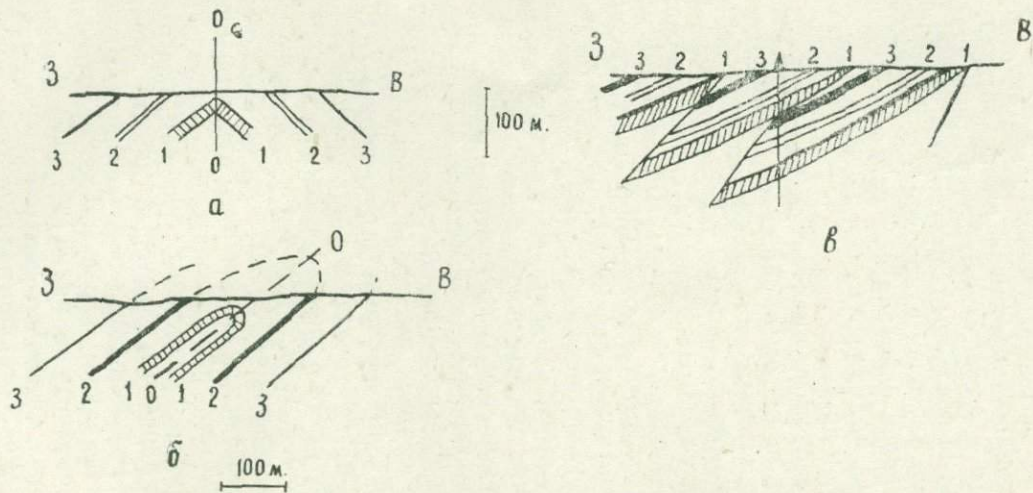
Значит, вовсе уж не так очевиден наблюдаемый, так называемый непосредственный контакт, если иметь в виду очевидность смещения вдоль контакта.

Отметим, что существуют другие типы дизъюнктивоневидимок: 1) послойные дизъюнктивы; 2) не выходящие из пределов плутонов однородного состава; 3) не выходящие из полей однообразных осадочных толщ; 4) приведенный С. А. Музылевым (1954) пример, разобранный выше, и др.

Итак, допустим, наличие дизъюнктива не является очевидным, может быть, оно даже спорно. Как же доказывать его наличие или, наоборот, отсутствие?

3. Прежде всего, отметим так называемый дизъюнктивный тип повторения слоев или свит (в простейшем случае — сдваивания). Понятно, он мог наблюдаться как в естественных обнажениях, так и в разведочных или горных выработках разного типа, а также на точных геологических картах и разрезах. В случае доказанной выдержанности по простиранию и падению тел, имеющих не осадочное, а иное происхождение, их повторение может быть тоже использовано. Дизъюнктивный тип повторения выделяется в противоположность повторению в крыльях складок. Что касается последнего, то оно происходит по закону зеркальной симметрии (фиг. 13а, б) или зеркального отражения: 3, 2, 1; 1, 2, 3. Напротив, дизъюнктивный тип повторения резко отличается от повторения в зеркале, и номера слоев тут повторяются так: 3, 2, 1; 3, 2, 1; 3, 2, 1 и т. д. (фиг. 13, в). Все это азбучно, элементарно. И все же об этой основной закономерности в трудные минуты ответственных геологических исследований забывать не следует. Иначе получится так, как с известным мудрецом, долго «мудрившим» над ларчиком, который просто открывался. Подлинная мудрость не исключает простых решений, основанных на знании коренных особенностей явлений.

Следует обратить внимание на то, что дизъюнктивный тип повторения несколько напоминает залегание слоев в изоклиальной складке (падение слоев в одну сторону), но он отличается: 1) отсутствием чередования опрокинутого и неопрокинутого залегания, 2) отсутствием



Фиг. 13. Повторение пластов в крыльях складок (а, б) и в дизъюнктивах (в)

замков складок и 3) дизъюнктивным типом повторения слоев и других тел. Значение последнего очень хорошо подчеркнул в свое время В. А. Обручев (1932 г., Полевая геология, том 1, стр. 205), а именно, он сказал, что таким повторением дизъюнктив доказывается, если даже сместителя не видно.

Является ли, таким образом, дизъюнктивный тип повторения, особенно развитый в чешуйчатых дизъюнктивах с многократным повторением, надежным доказательством наличия дизъюнктива? Да. Но есть одно важное условие для этого. Он становится надежным лишь тогда, когда несомненно самый факт повторения одних и тех же слоев. Напротив, он становится ненадежным, и нас подстерегает большая вероятность ошибки тогда, когда мы еще плохо знаем стратиграфию и когда не исключено, что вместо повторения с помощью дизъюнктива (1, 2, 3; 1, 2, 3 на фиг. 13, в) мы имеем в действительности повторение в процессе осадконакопления в стратиграфической колонке не тех же самых, а более молодых слоев (4, 5, 6), похожих на нижележащие (1, 2, 3), но не тождественных им. Другими словами, опровергнуть предполагаемый, но в действительности отсутствующий дизъюнктив в разбираемом типе повторения слоев можно путем доказательства, так сказать, стратиграфической рекуррентии, т. е. стратиграфического повторения в колонке сходных петрографически, но занимающих разное стратиграфическое положение слоев и чачек. Эта повторяемость при известных условиях встречается, может происходить при высокой степени сходства повторяющихся тел и является отражением своего рода цикличности осадконакопления (или точнее — особого рода частой повторяемости на фоне длительного, направленного исторического процесса). Таким образом, мы здесь встречаемся с очень важной ролью стратиграфических критериев при диагностике дизъюнктивов. Они, несомненно, являются одними из главных как в данном, так и во многих других случаях.

В заключение этого параграфа следует задать еще один вопрос: если нет дизъюнктивного типа повторения, доказывается ли этим отсутствие дизъюнктива? Вообще говоря, нет. Во-первых, дизъюнктив может быть в весьма однородных толщах, или в однообразных интрузив-

ных массивах, где не может быть и речи вообще о каком бы то ни было повторении. Во-вторых, далеко не всякий тип дизъюнктива при наличии пластов и других тел, которые могут быть сдвоены, проявляется именно в их повторении. Так, послойные дизъюнктивы не приводят к сдваиванию. Однако, если приведенные оговорки не имеют отношения к решаемой конкретной задаче, в которой, по ее условиям, должен быть дизъюнктивный тип повторения при наличии дизъюнктива, во всяком таком конкретном случае отсутствие дизъюнктивного типа повторения является доказательством отсутствия и самого дизъюнктива.

Итак, мы рассмотрели один из способов решения вопроса: есть дизъюнктив или нет его. Прежде чем двигаться дальше, заметим, что, как правило, следует решать тот или иной вопрос не одним каким-либо методом, а с помощью целого комплекса критериев, т. е. с помощью двух, трех и т. д. методов, сколько их потребуется для бесспорного решения вопроса. Даже и в описанном выше одном методе мы не можем обойтись без других — без метода стратиграфии, без представления о повторяемости осадконакопления и прочее.

4. Сдвоение и многократное повторение слоев, пачек, свит и других геологических тел и поверхностей. Допустим, что сам факт тектонического, а не стратиграфического сдваивания или многократного повторения доказан и бесспорен. Остается лишь показать дизъюнктивный тип этого повторения, противоположный повторению в крыльях складок или многократному повторению в изоклинальной складчатой структуре. Если показать это удастся, значит доказывается и наличие дизъюнктива. Наоборот, доказать отсутствие дизъюнктива можно лишь при условии, если можно обосновать или стратиграфическое повторение, или повторение в крыльях складок.

Следует различать дизъюнктивный тип повторения слоев у одного сместителя от целой системы параллельных, чешуйчатых или кулисообразных дизъюнктивов. Здесь налицо повторение самих дизъюнктивов одного и того же рода или одного типа. В последнем случае само установление подобной закономерной системы и характерного для нее расстояния между дизъюнк-

тивами (или шага дизъюнктивов) дает в наши руки метод установления одного или нескольких неизвестных дизъюнктивов по известным дизъюнктивам, как по звеньям одной и той же цепи или одного и того же ряда. Этот критерий подробнее отмечен в разделе о прогнозе и об определении типа дизъюнктивов.

5. Выпадение выдержанных пачек, свит, геологических формаций и др. тел тоже является при известных условиях доказательством дизъюнктива. Этими условиями является невозможность иного объяснения выпадения, например, денудацией, в частности, размывом, затем ассимиляцией, пластическими деформациями с пережимами, невыдержанностью осадков или выклиниванием в результате первичных фациальных изменений и т. п. Отметим еще метасоматоз, который ведет не к выпадению элемента стратиграфической колонки, а к его замещению. Итак, решение вопроса можно достичь лишь в комплексе с методами изучения всех этих явлений.

Выпадение части стратиграфического разреза может наблюдаться как в горизонтальном, так и в других сечениях, как непосредственно в поле, в обнажениях, так и на снимках, аэрофотоснимках, в том числе и на построенных геологических картах и разрезах. В последнем случае самый факт выпадения (или сдваивания) стратиграфических горизонтов может подвергаться сомнению. Это — вопрос геологического картирования и стратиграфии, выходящий за пределы данной работы.

Если же факт выпадения бесспорен, то доказательство наличия дизъюнктива с помощью этого факта должно состоять, прежде всего, в анализе перечисленных выше условий. Такой анализ может показать в каждом конкретном случае, что интрузивных пород, а значит, и уничтожения горизонтов ассимиляцией и метасоматозом нет или что эта ассимиляция неизмеримо мала сравнительно с мощностью выпадающих из разреза пачек или свит; он может обнаружить спокойную, а не напряженную тектоническую обстановку, исключаящую тектонический пережим слоев, который нередок, например, в опрокинутых крыльях складок, но который, кстати сказать, вовсе не является обычным, частым явлением; фациальный анализ может исключить возможность выклинивания

(а не срезания) слоев; тщательное исследование может не обнаружить и следов размыва или вообще денудации. Если все эти условия налицо и надежно выявлены, то надежным и правильным будет и вывод о наличии дизъюнктива. В противном случае одно лишь наблюдаемое выпадение горизонтов, без других критериев, не может служить доказательством дизъюнктива. Оно является только основанием для предположения о его наличии. Как это опровергнуть, если его нет, ясно из сказанного выше о других возможных объяснениях выпадения.

При отсутствии следов магматической и эманационной жизни главной альтернативой дизъюнктиву является в качестве причины выпадения отложений денудационный перерыв — спутник скрытого или явного несогласия. Это, во-первых. А во-вторых, это — резкое уменьшение мощности при фациальных изменениях. Правильное применение критерия выпадения слоев или свит при доказательстве дизъюнктивов невозможно, если игнорируется учение о фациях. Правильное применение его начинается лишь с момента, когда с помощью этого учения, основываясь на фактах, доказана фациальная устойчивость выпавших из стратиграфической колонки отложений.

Разумеется, далеко не всякие дизъюнктивы ведут к выпадению тел, слоев, свит и формаций. Поэтому, если выпадения нет, это само по себе вовсе не является доказательством отсутствия дизъюнктива. Достаточно вспомнить послойные дизъюнктивы или ведущие к повторению.

6. Внезапное прекращение выдержанных по простиранию тел. Это внезапное прекращение слоев, свит, геологических формаций замечено при прослеживании по простиранию и не объяснимо фациальными изменениями; оно является хорошим доказательством дизъюнктива, но, конечно, при всех вышеотмеченных условиях. Из них прежде всего отметим резкие фациальные изменения, например, в случае рифовой и вулканогенной фации, а особенно в континентальных отложениях. Поэтому мы должны сначала исключить возможность таких резких изменений или, другими словами, доказать выдержанность по простиранию рассматриваемых отложений. Бесспорное доказательство заключается, между

прочим, в нахождении продолжения оборванного тела за предполагаемым дизъюнктивом.

Выдержанные на больших пространствах дна бассейнов отложения могут иметь различную природу. Они могут иметь очень малую мощность и все же непрерывно прослеживаются на немалое расстояние. Таковы пепловые вулканические туфы и туффиты. Нам известен один прослой туффита с примесью вулканического песка и пепла мощностью всего лишь в 2—3 см, хорошо прослеживающийся на значительном расстоянии. На огромных площадях выдерживаются органогенные океанические отложения (радиоляриты и проч.).

Во время обычной массовой полевой работы чаще всего встречаются выдержанные по простиранию характерные мощные свиты и другие толщи. Среди них такие отложения, как глинистые и карбонатные (нерифовой фации), накапливаются на крупной площади. Поэтому, когда такого характера образования внезапно оканчиваются и вместо них по их простиранию мы встречаем совсем иное, это свидетельствует, как правило, о дизъюнктиве, хотя непосредственно сместителя не видно. Он может быть скрыт под аллювием, как показано на фиг. 14, а. При этом, чтобы рассеять сомнения в наличии дизъюнктива, изучается геологическое строение по простиранию внезапно исчезнувшей свиты. Возможно, например, как показано на фиг. 14, б, что дизъюнктива нет, а исчезновение по простиранию прослеживаемой свиты обусловлено дополнительной складкой, невидимой под аллювием. Но в этом случае мы за долиной найдем в соседних горизонтах резкое изменение простирания слоев в замке дополнительной складки (меридиональное вместо широтного). Если же дополнительной складки нет, то, как показано на фиг. 14, г, не будет и замка складки. Следовательно, мы не найдем по простиранию прослеживаемой толщи резкого изменения ее простирания. Следует иметь в виду и другой случай, когда (фиг. 14, в) сама прослеживаемая толща (например, карбонатные породы среди глинистых сланцев) слагает не крыло, а складку с наклонной осью. В этом случае крылья замыкаются, и толща не прослеживается по простиранию без какого бы то ни было влияния дизъюнктива (лишь в силу погружения ее, как показано на схеме

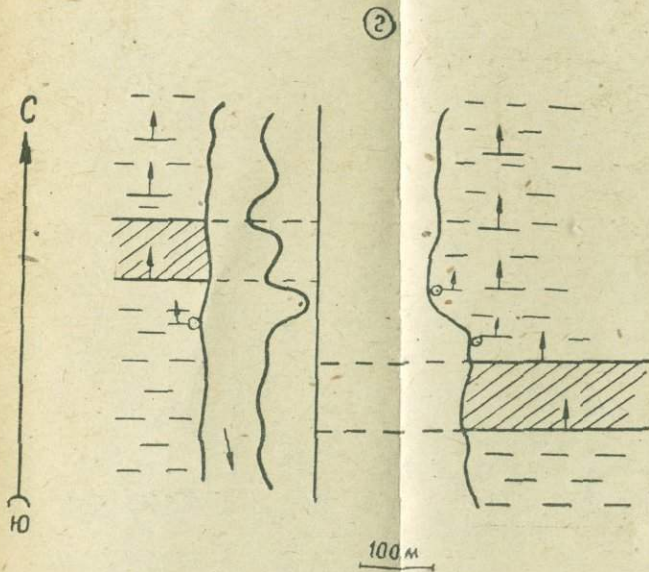
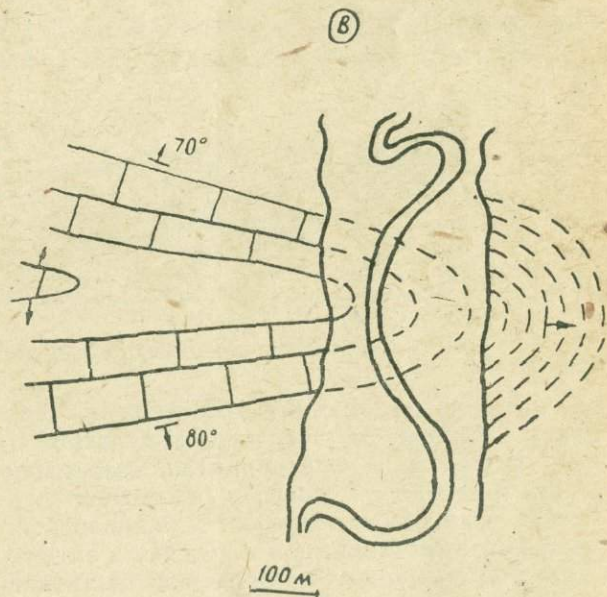
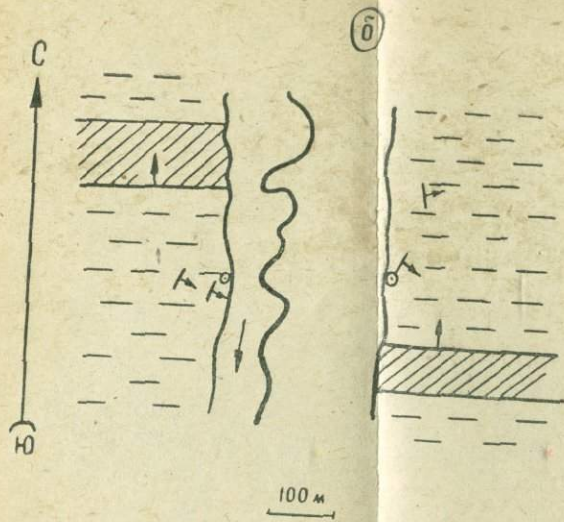
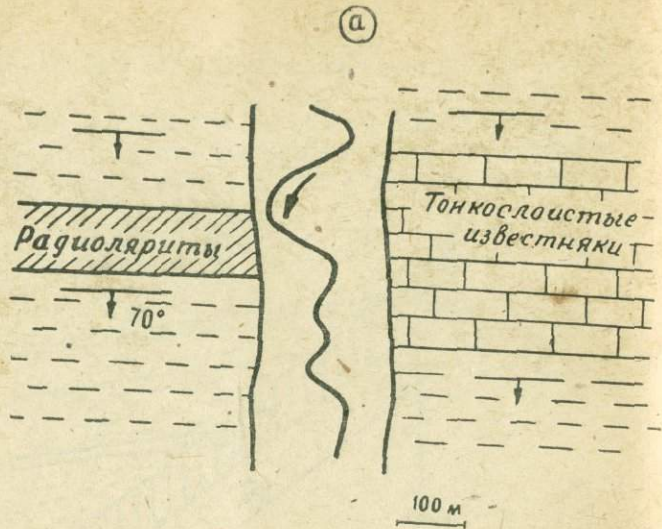
14, в, под более молодые отложения или ввиду денудации в случае синклинали с погружением оси на запад). В этом случае мы также встретим по простиранию прослеживаемой толщи, сменившейся другой, резкое изменение простирания слоев, вызванное замыканием слоев в замке складки. Разумеется, в гористом районе отклонение от простирания слоев выхода непрерывного пласта известно каждому геологу, и об этой причине много обреза пласта говорить нет смысла.

Описанный выше критерий (установление вторичного, не связанного с размывом, проплавлением и метасоматозом прекращения выдержанных тел или структур) применим не только к осадочным, но и к магматическим и связанным с ними телам преимущественно пластообразной формы. Но использование этого критерия должно быть ограничено теми случаями, когда выдержанность этих тел доказана и когда внезапное их прекращение нельзя объяснить резким поворотом магматического контакта.

Допустим, мы имеем выдержанное по простиранию тело или контакт, и они не прекращаются внезапно. Доказывает ли это отсутствие дизъюнктива? Нет, но ограничивает возможный их тип: возможны, например, дизъюнктивы по контакту тела или секущие его дизъюнктивы, но дизъюнктивы-невидимки. За пределами же тела, разумеется, возможны всякие дизъюнктивы, идущие мимо него.

7. Срезание геологических формаций, состоящих из свит, пачек, слоев и других тел, если это срезание наблюдается со стороны лежащего, а не всякого бока, является весьма веским доказательством того, что этот нижний контакт формаций или их частей — дизъюнктивный. (фиг. 15), если исключается срезание плутоном или метасоматическим телом.

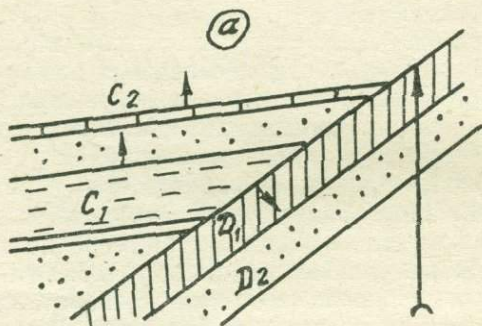
Главным условием правильного применения только что сформулированного критерия является опять-таки устойчивость или выдержанность по простиранию слоев, свит и других тел, срезанных со стороны лежащего бока дизъюнктивом. Это должно быть ясным: если нет выдержанности осадков, то можно предполагать не срезание дизъюнктивом ранее существовавшего продолжения, а первичное окончание осадков, не отлагавшихся за пре-



Фиг. 14. Исчезновение толщ по простиранию под влиянием дизъюнктива (а, г) и складки (б, в)

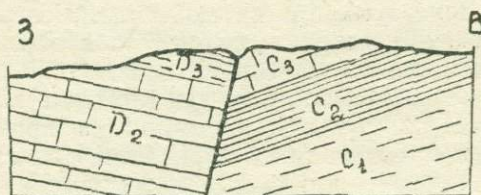
делами данной ограниченной площади осадконакопления.

8. Срезание слоев под углом более 35° . Разновидностью только что описанного критерия является случай, когда слои более молодой формации срезаются



Фиг. 15. Обрезание слоев карбона со стороны их лежачего бока

со стороны лежачего бока под углом свыше 35° , особенно же под углом, близким к прямому (фиг. 16).



Фиг. 16. Срезание слоев под большим углом

Разумеется, в некоторых случаях не дизъюнктивного, а первичного контакта (в косослоистых, дюнных, барханных, пролювиальных, аллювиальных и дельтовых отложениях, в вулканических, рифовых, пещерных и других подобных образованиях с первично-наклонным залеганием) прилегание к скалам, к карманам выветривания и вообще к наклонным поверхностям может быть под углом более 35° (особенно, если слои испытали дополнительное

смятие, в частности, дисгармоническую складчатость или складчатость от скольжения рыхлых толщ). Кстати, отметим, что первичный угол наклона дислоцированных образований можно установить с помощью изложенной нами методики («Геологические отвесы и уровни», «Метод восстановления первичного залегания слоев геологических формаций»).

9. Срезание под острым углом слоев и других пластообразных тел почти послойными дизъюнктивами. Этот критерий важен при поисках и при доказательстве почти послойных продольных дизъюнктивов, среди коих особенно часто встречаются согласопадающие взбросы. Альтернативой в данном случае является первичное выклинивание в силу фациальных изменений или пластический пережим слоев. Поэтому применение этого критерия, как правило, невозможно без точного фациального анализа выклинивающегося или, наоборот, срезанного труднее в ней распознать дизъюнктив. В этом случае, как и в только что разобранном, следует обращать внимание на срезание выдержанной слоистости со стороны лежащего бока, которое, это надо иметь в виду, может быть результатом как подводного скольжения, так и дисгармонической складчатости.

Срезание под острым углом само по себе мало убедительно при доказательстве дизъюнктива. Поэтому определенное решение вопроса требует обязательного использования и многих других методов.

10. Обрезание структуры. Критерий внезапного обреза для доказательства дизъюнктива применим не только к самим телам земной коры, но и к их структуре. Этот критерий особенно важен и может иметь самостоятельное значение в том случае, когда границ (а значит, и смещений границ) внутри однородных толщ не видно. Чем однообразнее и мощнее свита или формация, тем труднее в ней распознать дизъюнктив. В этом случае, например, в монотонной мощной слоистой толще глинистых сланцев или мраморов мы не можем подметить внезапное, дизъюнктивное прекращение какого-либо слоя или свиты. Но по простиранию синклинали, обрезанной дизъюнктивом, мы можем найти на другом склоне долины антиклиналь в той же однообразной толще или другую несоответствующую структуру.

Бесспорным доказательством дизъюнктива является косое или поперечное сечение каким-нибудь контактом складки из более молодых, чем за контактом, пород. Хорошим классическим примером такого контакта является Томский надвиг в Анжеро-Судженском районе Кузбасса (М. А. Усов, 1940 г., фиг. 67). Напротив, бывает, что срезается складка из более древних (чем за контактом) пород; такой контакт может быть не только дизъюнктивом, но и азимутальным несогласием, получающимся в результате складчатости и размыва до отложения новой геологической формации.

Если дизъюнктив имеет очень крупную амплитуду, он не может мгновенно затухнуть. Внезапное его прекращение может быть вызвано другим секущим, более молодым дизъюнктивом. Напротив, кажущееся смещение малого дизъюнктива может соответствовать кулисообразному расположению двух отдельных дизъюнктивов. Разумеется, внезапное прекращение структур объясняется дизъюнктивом, если невозможны другие объяснения (несогласие, обрез интрузией, метасоматозом, погребение под рыхлым покровом и эффузивами). Это значит, что и данный надежный критерий в сущности лишь при комплексном исследовании становится действительно надежным.

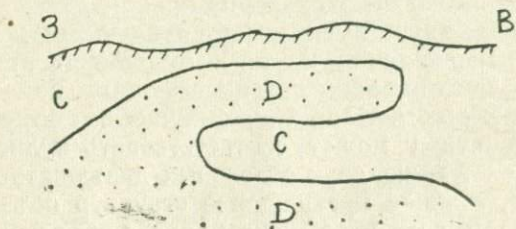
II. Налегание неопрокинутых отложений на более молодые осадки. Охарактеризованный выше критерий — дизъюнктивный тип повторения — относится к группе стратиграфо-тектонических методов распознавания дизъюнктивов. Рассмотрим другие критерии той же группы (геологические в узком смысле, включая критерии, основанные на фациальном анализе, на учении о геологических формациях, о вулканизме, метаморфизме, диагенезе и проч.).

Одним из самых надежных критериев этого рода является налегание (точнее — «налегание») более древних отложений на более молодые (при отсутствии опрокидывания и перевертывания). Если самый факт такого налегания несомненен, то одного этого достаточно для бесспорного установления дизъюнктива.

В случае перевернутой складки, как и в случае лежащей складки (фиг. 17), мы имеем залегание более древ-

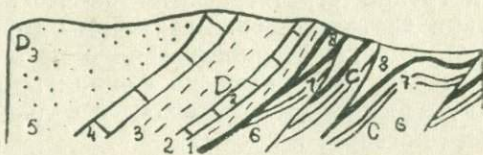
них опрокинутых и перевернутых отложений на более молодых. Это исключает необходимость дизъюнктивного контакта. Но на фиг. 18 нет опрокинутого и перевернутого залегания девона и карбона; поэтому «налегание» девона на карбон не стратиграфическое, а тектоническое, т. е. налицо бесспорный дизъюнктивный контакт.

12. Внезапное изменение залегания. Резкое, неожиданное изменение залегания (простираения или падения, или того и другого) может служить косвенным,



Фиг. 17. Лежачая складка с налеганием Д на С

а при известных условиях и надежным признаком дизъюнктива. Невозможно охарактеризовать относящиеся сюда бесчисленные взаимоотношения. Мы вообще не можем ставить перед собой задачи дать готовые, раз и навсегда пригодные схемы или правила решений. Тем



Фиг. 18. Дизъюнктив с «налеганием» девона на карбон Кузбасса

и хороша работа геолога, что это подлинно исследовательская работа, совершенно чуждая шаблону и ремесленничеству, проходящая в бесконечно варьирующей обстановке. Каждый раз нужно решать задачу в меняющихся новых условиях. И приводимые здесь методы рас-

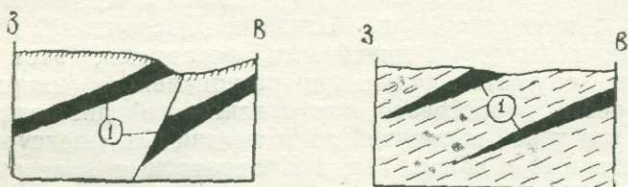
познавания надо расценивать лишь как руководящую нить и ориентировку в самостоятельном исследовании дизъюнктивов. Эти же соображения сильно ограничивают пользу частных, конкретных примеров.

В качестве иллюстрации мысли о резком изменении залегания рядом с дизъюнктивом приводятся два примера. Так, в условиях платформы или на фоне слабых полуплатформенных дислокаций мы можем встретить зону резких, интенсивных пликативных дислокаций, неправильно называемых линейными складками; этот факт может служить признаком регионального (например, глыбового, взбросового или надвигового) дизъюнктива, если нет узкой вытянутой зоны смятия или флексуры, не перешедшей в сброс. Так, в Красноярском крае рыхловатая и почти горизонтальная юра в Балахтинской и Саяно-Партизанской депрессиях срезана крупными дизъюнктивами — надвигами или взбросами с севера. Под их влиянием слои юрских отложений в зоне, прилегающей к дизъюнктиву, поставлены почти вертикально. Подобного рода пликативные локальные дислокации генетически, вероятно, близки к изгибам волочения, но очень большой амплитуды.

Другой пример внезапного изменения залегания приведен на фиг. 19, а; там дизъюнктивное смещение части наклонного пласта угля почти бесспорно, так как нет следов флексуры и так как наблюдается седловина на месте вероятного дизъюнктива; а нарастание мощности пласта к ней не свидетельствует о выклинивании, т. е. о кулисообразном залегании двух линз. В противоположном примере (фиг. 19, б), напротив, наблюдается именно выклинивание двух угольных линз, образовавшихся в угленосной толще на двух различных горизонтах. Конечно, отсутствие резких изменений в залегании само по себе не может доказывать отсутствия дизъюнктивов. Но при прослеживании уже установленных дизъюнктивов, вызвавших неожиданные резкие изменения в залегании, затухание последних или их исчезновение может помочь найти конец дизъюнктивов.

13. Вынужденный контакт чуждых фаций. Учение о фациях дает еще один критерий для установления дизъюнктивов: совмещение или соприкосновение чуждых или, точнее, далеко первоначально образовав-

шихся фаций одновременно отложившихся свит или геологических формаций. Такое вынужденное соприкосновение особенно характерно для крупных горизонтальных смещений — шарьяжей. Этот критерий хорошо разобран в специальной и не раз изложен в учебной литературе (например, у С. А. Музылева, 1954).



Фиг. 19. Дизъюнктивный обрез пласта 1 (а) и выклинивание вместо дизъюнктива (б)

14. Орогенные фации. Под орогенезом в соответствии с точным смыслом этого слова мы понимаем образование всяких гор, в том числе таких, как столовые горы, состоящие из горизонтальных слоев и образующиеся в результате денудации приподнятой платформы (например, Усть-Урта, Колорадо и т. п.), а не складчатой зоны. В том числе разумеется возникновение вулканических, а не только складчатых гор. В связи с этим и орогенные фации осадочных пород — это грубокластические отложения у подножья всяких гор, в частности, таких, которые граничат с равниной и котловиной по региональным дизъюнктивам. В последнем случае орогенные фации возникают именно в результате глыбовых поднятий, как молассовые отложения, фангломераты и т. п. Дизъюнктивы в этом случае вместе с денудацией создают горы, а вместе с тем настоящие орогенные фации. Таким образом, некоторые, далеко не всякие орогенные фации являются документом региональных дизъюнктивов. Эти фации, следовательно, могут быть использованы в комплексе с другими, как косвенный, вспомогательный признак дизъюнктивов.

15. Стратиграфо-палеонтологические критерии при установлении дизъюнктивов (или при доказа-

тельстве их отсутствия) имеют важное, хотя и вспомогательное, но иногда и главное значение.

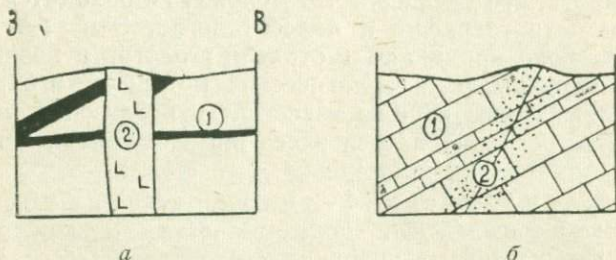
Так, выше отмечено налегание неопрокинутых более древних отложений на более молодые, как бесспорное доказательство дизъюнктивного контакта. А ведь решение вопроса, что древнее и что моложе, не обходится без методов стратиграфии и палеонтологии. Эти методы столь глубоко проникают в отрасли геологии и переплетаются неразрывно с геологической методикой в общем ее комплексе; они хорошо известны; и потому нет необходимости останавливаться здесь ни на их разъяснении, ни на примерах их применения.

16. Магматические тела и контактовый метаморфизм. Для доказательства дизъюнктивов можно при известных условиях воспользоваться магматическими телами или контактовым метаморфизмом. Прямолинейная цепь тел жерловой фации эффузивов (например, паразитические кратеры Этны и др.) является хорошим признаком регионального дизъюнктива, хотя в этом факте еще нет его бесспорного доказательства. С другой стороны, отсутствие подводящих каналов эффузивов не может служить основанием для отрицания дизъюнктивов, так как далеко не все из них стали путями поднятия магмы.

Связь даек и других магматических тел с дизъюнктивами хорошо известна; но в настоящее время в тектонике уточняется или в сущности вновь выдвигается понятие о группе дизъюнктивов, у которых направление движения не вдоль, а перпендикулярно поверхности разрыва сплошности. Таковы, в частности, разломы. Получающиеся при этом полости могут заполняться магмой. Таким образом, магматические тела, образующиеся путем раздвигания стенок трещин, являются доказательством дизъюнктива, притом особого типа (фиг. 20, а).

Затем давно уже известно, что хотя батолиты могут завоевывать пространство путем проплавления, вытянутые плутоны нередко располагаются одиночками или цепочкой вдоль крупных региональных дизъюнктивов (например, Майнский плутон в Зап. Саяне). Некоторые плутоны Казахстана вытянуты по трем направлениям: по меридиональному, восточно-северо-восточному и северо-западному, как это хорошо видно на геологической

карте СССР. В случае одновозрастности плутонов они не могут быть связаны с простираем одной и той же складчатой зоны. Другими словами, по крайней мере, некоторые из них проникли вдоль дизъюнктивов и являются, таким образом, косвенным доказательством их.



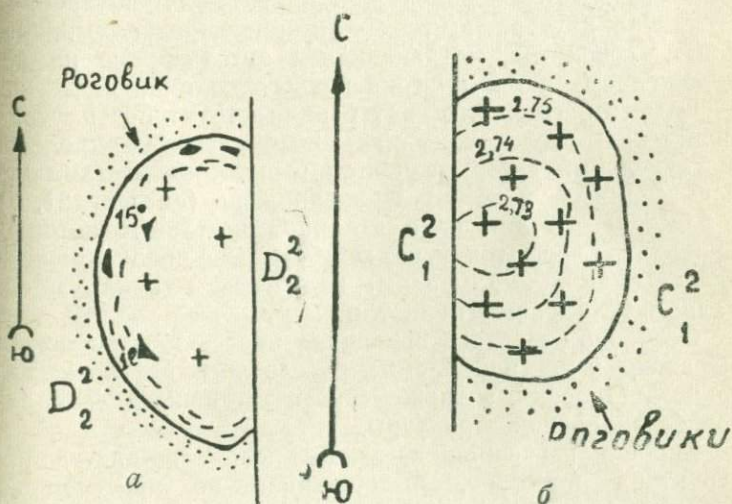
Фиг. 20. Раздвиг (а) и метасоматическое замещение (б).

Попутно заметим, что в приведенном примере из Казахстана по длинным цепочкам плутонов хорошо определяется простираем региональных дизъюнктивов и их глубинное залегание в фундаменте тех геологических формаций, которые видны на поверхности, смяты в складки и дискордантно к этим складкам секутся цепочками плутонов. Помимо глубины дизъюнктивов, плутоны местами помогают установить и фазы развития раздвигов.

Разумеется, далеко не всякий вытянутый плутон совпадает с разломом. Но если магма внедряется не путем проплавления (как в штоках и батолитах), а по какой-либо поверхности, раздвигая породы, образуемые ею плутоны доказывают дизъюнктивы типа разлома или раздвига. Доказательством раздвигания являются соотношения, изображенные на фиг. 20, а и ясно отличающиеся от структуры при метасоматическом образовании тел (фиг. 20, б). Особенно убедительными, бесспорными доказательствами дизъюнктивов типа глубинных разломов являются вытянутые тела гипербазитов и серпентинитов. Что касается контактового метаморфизма, то и он может помочь распознаванию дизъюнктивов, а именно, по отсутствию контактового метаморфизма в породах, более древних, чем плутон, и метаморфизованных в других участках контакта. Если эти породы находятся ря-

дом с плутоном и контактовый метаморфизм вокруг него вообще хорошо выражен, то такое местное отсутствие контактового метаморфизма доказывает дизъюнктивное смещение, приведшее в контакт с плутоном породы из удаленного участка, куда не достиг контактовый метаморфизм (фиг. 21). О том же может говорить и очень резкое, не объяснимое иначе изменение степени метаморфизма. Разумеется, многие дизъюнктивы имеют в обоих боках одинаково метаморфизованные породы.

17. Отношение к структуре магматических тел. Далее рассмотрим методику определения не дизъюнктивов, вмещающих магматические тела, а дизъюнктивов, секущих и экранирующих эти тела. Такие



Фиг. 21. Обрез плутона и его зоны роговиков (а) и (б)
(2,73 — измарты)

дизъюнктивные границы плутонов распознаются по отношению их границ к внутренней структуре.

Как пример, на фиг. 21, а имеем сечение как контактовой зоны и границы плутонов, так и его внутренней структуры прямолинейным восточным контактом, который в данном случае является дизъюнктивом. Однако это не обязательно в других случаях, когда он может

быть: 1) явно несогласным контактом (если плутон, после его вскрытия денудацией, был перекрыт более молодой формацией); 2) магматическим (и метасоматическим) контактом с более молодым секущим плутоном (если последний имеет там эндоконтактовые изменения и метаморфизовал западнее лежащий плутон). Итак, мало установить сечение внутренней структуры и контактов плутонов — надо установить также и природу секущей поверхности.

Нет необходимости здесь описывать, какие бывают внутренние структуры плутона, пересеченные изучаемым контактом. Они излагаются в других разделах геологии (в тектонике плутонов и др.). На фиг. 21, а для примера дана срезанная меридиональным контактом внутренняя структура плутона, выраженная ориентировкой минералов и ксенолитов, матрацевидной отдельностью и расположением частей плутона разного состава.

Отметим еще, что внутренняя структура плутона может быть исследована с помощью массовых определений удельных весов разностей горных пород (химических анализов и т. д.) и изображена (см. фиг. 21, б) с помощью изомарт (т. е. изолиний, каждая из которых проводится через точки, где лежат горные породы равных удельных весов или с равным количеством данного минерала, окисла, элемента и т. п.).

Особенно отчетливо первичная внутренняя структура выражена у так называемых расслоенных плутонов ленточного строения, а также «субэкструзивных» лакколитов флюидальной структуры.

Хорошо изученная и закартированная внутренняя структура плутонов, выдержанная по простиранию и прослеженная, может послужить и для доказательства отсутствия дизъюнктивов, секущих структуру (за исключением дизъюнктивов-невидимок), для доказательства флексуорообразных изгибов структуры вместо дизъюнктивов и т. п.

Отметим еще, что некоторые дизъюнктивы резко выступают в ограничении плутона не как секущие его, а как экранирующие магму структуры (например, в СВ контакте Чарского плутона в бассейне Лены, где глубинный погребенный дизъюнктив намечается ССЗ ориентировкой плутона).

Что касается осадочно-эффузивных толщ, то пересечения их дизъюнктивами принципиально не отличается от пересечения ими осадочных толщ, что уже рассмотрено выше.

18. Фазы и фации состояния магматических тел. Как известно, интрузивные горные породы и эффузивы бывают разных фаций и фаз состояния.

Резкая смена одной такой фации другою (особенно с пропуском ряда промежуточных), а также — одной фазы состояния другою может быть вызвана как вынужденным дизъюнктивным контактом, так и другими причинами. Таким образом, подобная смена может служить основанием лишь для постановки вопроса о возможном дизъюнктиве. Решение этого вопроса невозможно без конкретного геологического анализа и без знания учения о фациях и фазах состояния магматических пород. Учение это разработано акад. М. А. Усовым, его учениками и др. С ним следует ознакомиться в соответствующих случаях. Здесь мы не имеем возможности излагать его; отметим лишь путь анализа хотя бы на одном конкретном примере. Вокруг Кузбасса и Минусинской котловины девонские эффузивы диагенетической фазы состояния местами контактируют с потоками из кембрийских эффузивов зеленокаменной фазы состояния. Если и то, и другое действительно породы экструзивной фации, то они могут находиться рядом либо в результате вынужденного, т. е. дизъюнктивного контакта, либо в результате несогласного налегания, т. е. в результате изливания девонских лав на денудационную поверхность, сложенную кембрийскими эффузивами. Опять, следовательно, возникает альтернатива: дизъюнктив или несогласный контакт? Тот же вопрос ставится непосредственным контактом порфирита (породы диагенетической фазы состояния) и базальта (породы первичной фазы состояния).

Конечно, резкий контакт ортогнейса (породы метаморфической фазы состояния) с более молодым, нормальным, не гнейсовым гранитом является дизъюнктивным, если можно доказать, что контакт этот не магматический.

Все отмеченные только что критерии, связанные с магматическими породами, обладают высокой степенью

доказательности при установлении дизъюнктивов. Разумеется, решение вопроса должно основываться на безупречных, хорошо изученных фактах. Все же применение и этих критериев лучше дополнять другими признаками дизъюнктивов, которые можно получить при их прослеживании по простиранию.

19. Зоны локальной минерализации и оруденения, а также выветривания. Дизъюнктивы, как и трещины или трещинные зоны, являются более проницаемым путем движения эманаций, в том числе и рудоносных растворов. Конечно, далеко не все гидротермальные месторождения расположены вдоль подобных структур. Но нас интересует при определении дизъюнктивов именно та обычная связь тектонической трещиноватости и оруденения, которая нередко наблюдается в природе.

Разумеется, не всякая оруденелая или просто минерализованная зона является локальной зоной трещиноватости, генетически связанной именно с дизъюнктивами. Некоторые такие зоны сгущенной трещиноватости имеют самостоятельное значение и развиваются независимо от дизъюнктивов. Они еще мало изучены, и природа их еще недостаточно выяснена. Одной из причин их образования, видимо, являются сейсмические движения.

Таким образом, рассматриваемый критерий, как и локальные зоны не минерализованных трещин, является лишь вспомогательным. Остается еще дилемма: имеется ли на месте минерализованной локальной зоны трещин дизъюнктив или нет? Вопрос решается с помощью других критериев. Достаточно, например, еще установить в той же зоне изгибы волочения.

Чаще всего местные зоны минерализованной расщепленности, не связанные с дизъюнктивами, возникают или прослойно, в более пластических и в сравнительно хрупких породах, например, глинистых прослойках и пачках среди относительно прочных слоев и свит, или вдоль контактов разнородных по механическим свойствам свит и геологических формаций. Впрочем, последнего типа структуры, возникающие в результате интенсивной складчатости, чаще являются выражением хотя бы мелких, но все же дизъюнктивов — поскитных и межформационных.

Зоны локальной сланцеватости, секущие слоистость, надо думать, тоже чаще сопутствуют дизъюнктивам, хотя бы эмбриональным.

Своеобразным критерием наличия дизъюнктива или трещинной зоны являются шлихи с обильными гидротермальными минералами (золотом, киноварью и проч.), если 3—4 и более таких шлихов взяты из точек, лежащих почти на одной прямой, как это было установлено на Салаире, причем позже наличие дизъюнктива подтвердилось другими методами.

В карстовых районах зоны локальной рассланцовки выражаются как цепочки воронок.

Само собою разумеется, отсутствие зоны минерализации или оруденения не может служить аргументом, доказывающим отсутствие дизъюнктива.

Если вдоль смещения есть зона рудной минерализации, то в коре выветривания она проявляется обохриванием, образованием медной зелени и сини, обломками бурого железняка и охристого кварца и т. п. признаками зоны окисления месторождения. Если наличие дизъюнктива установлено по другим критериям, то связанные с его минерализацией продукты выветривания — хороший материал для прослеживания дизъюнктива.

Если исходить из представления, что при известных условиях состав дизъюнктивной зоны (или, так сказать, содержание сместителя) является характерным, то можно прослеживать по простиранию даже значительно задернованные дизъюнктивы: а) по обломкам характерных пород, б) по дайкам, совпадающим со сместителем, в) по составу шлихов, например, по киновари и ее спутникам и т. д.

Частным случаем методики прослеживания является прослеживание по рубцовым жилкам (в частности, по рубцовым жилкам особого характерного состава), распространенным только в зоне интенсивных тектонических изменений вдоль прослеживаемого дизъюнктива. Если таких жилок много и они сравнительно стойки, они постоянно попадают в обломках вдоль дизъюнктива. При изобилии прочных рубцовых жилок они могут быть даже причиной образования вдоль дизъюнктива гребешка и т. п.

20. Скачок в степени метаморфизма. Далее отметим резкую смену степени метаморфизма. Ясно, возникает предположение о дизъюнктиве, как о причине этой смены.

Обычно пренебрежительно или сугубо критически относятся к возможности использовать изменения степени метаморфизма для заключений о возрасте или о взаимоотношениях геологических образований. Причина — быстрая изменчивость в пространстве явлений метаморфизма. Правильнее было бы все-таки использовать резкие скачки в степени метаморфизма для решения геологических вопросов, но только со знанием закономерностей метаморфизма, с конкретным анализом их в данном изучаемом участке. Если даже такой анализ не даст бесспорного результата, решение вопроса может быть получено с помощью других критериев (например, по тектоническим царапинам и по отсутствию перехода в степени метаморфизма от цемента к обломкам тектонических брекчий и проч.). Вообще описываемые методы распознавания дизъюнктивов, конечно, нужно всегда, по возможности, применять комплексно, а не в одиночку.

Резкие скачки в степени метаморфизма могут быть вызваны помимо дизъюнктива: а) несогласным наложением значительно слабее метаморфизованных отложений на глубоко метаморфизованную формацию, б) нормальным магматическим контактом разновременных и потому не одинаково метаморфизованных магматических пород (например, ортогнейса, пересеченного дайкой зеленокаменного порфирита) и в) быстрым изменением метаморфизма, обусловленным природой метаморфизма и конкретными местными условиями его. Первые два случая достаточно легко распознать. Третий случай требует глубокого конкретного изучения явлений метаморфизма, в частности, различной восприимчивости пород к воздействию метаморфизма. Он может наблюдаться у мелких магматических тел, когда образуются зоны контактового метаморфизма шириной в десятки метров, даже в метры и сантиметры. Он характерен для динамометаморфизма, притом не только для локального, но и для регионального, когда он поражает толщу быстро и резко меняющегося состава и весьма различной восприимчивости к воздействию метаморфизма.

Если все три вышеперечисленные причины резкого скачка в степени метаморфизма не могут его объяснить, остается предположить дизъюнктив в качестве этой причины. Приведем пример. Если парагнейсы и кристаллические сланцы, развитые всюду на обширной площади, т. е. регионально метаморфизованные породы, сменяются по широтному контакту аргиллитами (с меридиональными вертикальными, т. е. поперечными к контакту слоями), это доказывает дизъюнктивный контакт.

Не менее надежные выводы о дизъюнктивном контакте получаются тогда, когда по нему соприкасаются горные породы одного первичного состава, но порожденные, как метаморфические породы, на резко различных глубинах, т. е. принадлежащие к разным глубинным фациям метаморфизма, например, к катазоне и к эпизоне. Разумеется, должен быть исключен, как невозможный в данных условиях, явнорасходяющийся, магматический и метасоматический контакт. Если же дизъюнктив несомненен, то при резкой смене в степени глубинного метаморфизма дизъюнктив характеризуется крупной вертикальной составляющей.

Конечно, появление резкого локального динамометаморфизма (например, зоны рассланцовки) само по себе еще не доказывает дизъюнктива: такие зоны ступенчатости бывают и без связи с дизъюнктивами. Местная рассланцовка особенно часто возникает в контакте разнородных геологических тел и свидетельствует о дизъюнктивных подвижках вдоль контактов (вдоль контактов даек, силлов, плутонов, свит, геологических формаций), но далеко не всюду, так как сланцеватость может быть и сланцеватостью истечения. Едва ли есть необходимость подчеркивать, что есть очень много дизъюнктивов, сложенных породами с одинаковой степенью метаморфизма.

21. Критерии динамической геологии важны не столько для распознавания дизъюнктивов, сколько для установления современных движений по ним, их направления, величины и скорости. Эти методы, в комплексе с соответствующими точными геодезическими или маркшейдерскими замерами, применимы, следовательно, лишь к ныне живущим или возникающим дизъюнктивам.

При этом необходимы повторные определения координат по заранее установленным парным (в висячем и лежащем боках дизъюнктива) реперам.

Можно надеяться, что в наше время, когда широко получают аэрофотоснимки обширных площадей в крупном масштабе они могут (в частности, путем сравнения после повторных аэрофотоснимков) подметить как новейшие подвижки по существующим дизъюнктивам подвижных зон, так и возникновение новых дизъюнктивов.

22. Вкратце охарактеризуем гидрогеологические признаки дизъюнктивов. Они, конечно, могут быть, но могут и отсутствовать у действительно существующего дизъюнктива. Эти признаки являются вместе с тем и признаками трещинных зон и единичных крупных трещин (без смещений по ним). Это — источники трещинных вод, располагающиеся на том или ином расстоянии вдоль крупных трещин, трещинных зон и дизъюнктивов. Наличие их становится почти несомненным, если три-четыре или более источников (или их отложения) расположены на одной прямой. Правда, два-три источника могут случайно попасть на прямую, не являющуюся ни единой трещиной (или зоной трещиноватости), ни дизъюнктивом (подобно трем мухам на стене, случайно севшим на одну прямую). Но если каждые две случайные точки всегда определяют случайную же, проходящую через них линию, то вероятность случайного расположения трех точек (источников) на одной прямой очень мала, а четырех — ничтожна. Чем дальше расположены друг от друга источники, тем менее вероятно, что они выходят из трещин, а не из дизъюнктивов. Горячие и минеральные источники, поднимающиеся из больших глубин, обычно связаны не с трещинами, которые характеризуются отсутствием смещения, а с дизъюнктивами.

Итак, трещинные источники сами по себе не являются достаточным доказательством дизъюнктива, хотя чаще всего лежат именно на линии дизъюнктива и в таком случае неточно называются сбросовыми. Но доказательство дизъюнктива становится надежным, как только мы используем другие критерии, исключая возможность иного объяснения. Так, если ряд источников расположен

у подножья горной страны на границе с равниной, это очень сильно повышает вероятность дизъюнктива по границе гор. То, что выше сказано об источниках, можно распространить на выходы нефти, если эти выходы связаны не с одним и тем же пластом, с его трещинами.

23. Газоносность, как признак возможного дизъюнктива (или несомненного, если исключается иное решение), может быть использована в некоторых каменноугольных и нефтеносных бассейнах. Так, в Кузбассе, в шахтных полях (с значительным содержанием метана в угле при приближении выработки к дизъюнктиву до 40 м от него) возможны взрывоподобные выбросы. Перед выбросом порою слышится грохот, напоминающий пушечную стрельбу. Таким образом, в определенных условиях «стреляющий уголь» является признаком близости дизъюнктива; но и некоторые другие структуры, например, замки положительных пликативных структур и зоны сгущенных трещин без смещения тоже могут быть газоносными.

24. Повышенная радиоактивность местами свойственна трещинным зонам и дизъюнктивам, так как по ним могут двигаться как трещинные воды радиоактивных источников, так и обогащенный эманацией радия воздух подземной атмосферы или такой же воздух, растворенный в трещинных водах. Радиоактивность может быть в данном случае вызвана примесью радиоактивного вещества к бариевым, свинцовым и другим минералам, к нефти и прочее. Конечно, это — косвенный признак.

25. Сейсмические критерии могут выявить развивающиеся ныне крупные дизъюнктивы, жизнь которых проявляется в землетрясениях. Такие дизъюнктивы являются своего рода генераторами землетрясений с сильно вытянутыми эпицентрами.

В качестве примера ясного выражения региональных дизъюнктивов в сейсмических движениях можно привести глыбовый взброс (или надвиг), развивающийся вдоль границы кембрия и докембрия северной части Зап. Саяна и девона Минусинской котловины. Граница эта выражена геоморфологически, как граница впадины или «котловины» и горного кряжа. Южнее расположенная и геоморфологически выраженная граница разделяет в Зап. Саяне низкогорье (предгорную ступень с остатка-

ми пенеплена) и среднегорье (следующую к югу ступень без сохранившихся отложений и коры выветривания пенеплена). Глыбовые поднятия Зап. Саяна, происходящие и в наше время, сопровождаются несильными землетрясениями, эпицентры которых расположены вдоль линии глыбовых взбросов. Об этих землетрясениях рассказывают жители деревень этого района.

В интереснейшей статье А. Н. Заварицкого, опубликованной в Изв. АН СССР, геол. серия, описан грандиозный дизъюнктив, расположенный в зоне перехода Азии в Тихоокеанскую впадину. Этот дизъюнктив не только устанавливается по землетрясениям, но и прослеживается на огромную глубину, до 700 км. При этом по расположению гипоцентров землетрясений определены как направление, так и крутой угол падения этой крупной дизъюнктивной зоны.

Сейсмические критерии следует использовать как вспомогательный контролирующий критерий, хотя бы потому, что линия эпицентров землетрясений может не совпадать с выходом на поверхность земной коры регионального дизъюнктива из-за его наклона. Кроме того, не исключена возможность того, что некоторые сильно вытянутые эпицентры землетрясений связаны не с дизъюнктивами, а с развитием складок и даже самостоятельных трещинных зон (без дизъюнктивов вдоль них).

26. Геофизические критерии при известных условиях помогают установить дизъюнктив. Они особенно важны при прослеживании погребенных под рыхлым покровом дизъюнктивов (связанных с ними аномалий, например, магнитной аномалии). Как известно, некоторые региональные дизъюнктивы вызывают резкие изгибы изолиний земного магнитного поля, а также изменения силы тяжести, если дизъюнктив отделяет горные породы различного удельного веса и разной магнитной проницаемости.

Ясно, что дизъюнктив выражается вытянутой вдоль него магнитной аномалией, если вдоль него образуется залежь магнетита или магнитной породы, например, гипербазита или серпентинита. Но не всякая магнитная залежь (в силу метасоматического генезиса) образуется

вдоль дизъюнктива. Она может возникнуть и вдоль трещины.

Если по дизъюнктиву проникла гипербазитовая магма и образовала тела дунитов, гарцбургитов и т. п., то и в этом случае дизъюнктив может обнаружиться на карте магнитной и гравитационной аномалиями. Разумеется, внедрение магмы не обходится без расхождения стенок трещины, вдоль которой происходят внедрения, а это движение равноценно дизъюнктиву типа разлома (или раскола). К сожалению, одна аномалия, если мы ничего еще не знаем, есть ли гипербазитовое тело, не доказывает наличия разлома.

Таким образом, геофизические критерии установления дизъюнктивов имеют, как правило, существенное значение лишь в сочетании с другими критериями, исключающими прежде всего возможность трещин вместо дизъюнктива, а также и других толкований.

Зато геофизические критерии исключительно ценны и эффективны при прослеживании уже известного, установленного дизъюнктива, разумеется, если примыкающие к нему горные породы заметно отличаются по своим физическим свойствам, или если по нему образовались легко улавливаемые геофизическими приборами магнитные, тяжелые и им подобные тела, или же если нужно прослеживать дизъюнктив по радиоактивности связанных с ним подземных вод и т. д.

Такое прослеживание осуществимо, в частности, с помощью аэромагнитных исследований. Практика этих исследований показала возможность картирования с воздуха погребенных границ плутонов и других тел с резко выделяющимися магнитными свойствами. Нет сомнения, что при том же условии резкого различия магнитных свойств соприкасающихся пород крыльев дизъюнктива вполне возможно его прослеживание с помощью аэромагнитограмм. В заключение отметим, что если грабены, подобные знаменитым Восточно-Африканским грабенам, ограниченные региональными дизъюнктивами и отмеченные отрицательными аномалиями силы тяжести, требуется проследить под мощной рыхлой толщей или под океаном, геофизический метод для этого является самым подходящим средством.

Разумеется, если нет ни гидрогеологических, ни геофизических признаков дизъюнктива, это еще может само по себе, без других доказательств, служить основанием для отрицания дизъюнктива, который может быть установлен по другим критериям.

27. Геоморфологические (в частности, геоморфотектонические) критерии. Рельеф, состав и тектоника земной коры тесно, неразрывно связаны в своем возникновении и развитии. Существуют три главные формы связи дизъюнктивов и форм рельефа: 1) дизъюнктивы создают новые горы и другие формы рельефа, 2) дизъюнктивы смещают ранее существовавшие формы рельефа, 3) на месте дизъюнктивов под влиянием денудации, вулканизма и других процессов возникают новые формы рельефа, являющиеся их внешним выражением. Если эти связи конкретно исследованы и установлены, то это позволяет, зная рельеф, распознавать и проследивать дизъюнктивы. Таким образом, имеются возможности разработки геоморфологических или геоморфотектонических способов распознавания дизъюнктивов и особенно приемов их прослеживания.

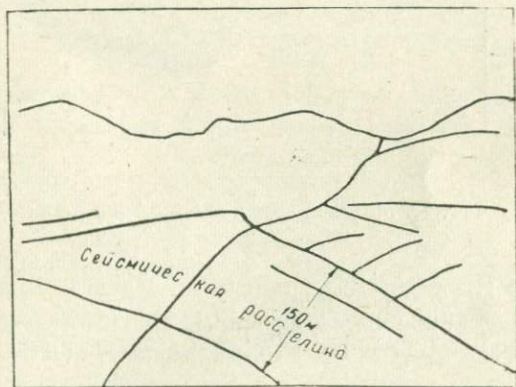
Можно различать два вида смещений: 1) дизъюнктивы, по которым происходит на наших глазах или происходили недавно движения, отразившиеся на рельефе, и 2) дизъюнктивы сравнительно древние, не смещающие современного рельефа. Конечно, между этими двумя видами имеются переходы в виде четвертичных дизъюнктивов разного возраста. Если даже по четвертичным (а может быть, и по третичным) дизъюнктивам и не происходят ныне подвижки, они происходили в геологическом смысле недавно, и поэтому следы перемещения ими земной поверхности еще улавливаются.

Рассмотрим распознавание первой группы дизъюнктивов. Как и вторая, она может быть замечена или путем непосредственного изучения форм рельефа в поле, в частности, аэровизуального, или путем изучения топографической карты (или плана), а также путем исследования аэрофотоматериалов.

Современные и новейшие дизъюнктивы обычно очень отчетливо выражаются в рельефе. Но сходные формы рельефа денудация дает и в районах, где нет дизъюнк-

тивов. Таковы обрывы, куэст и другие эрозионные обрывы. Другими словами, в этих местах образуются конвергентные формы рельефа, глубоко отличные по своей природе от внешне похожего выражения в рельефе дизъюнктивов. Вот почему только по одним формам рельефа, если не известно геологическое строение, не всегда однозначно устанавливаются дизъюнктивы. Таким образом, как правило, геоморфологические критерии установления дизъюнктивов следует применять вместе с другими. Приведем некоторые примеры выражения дизъюнктивов в рельефе.

1. После современных и недавних землетрясений сохраняются и четко наблюдаются зияющие сейсмические трещины или расколы (фиг. 22). Это следы мощных



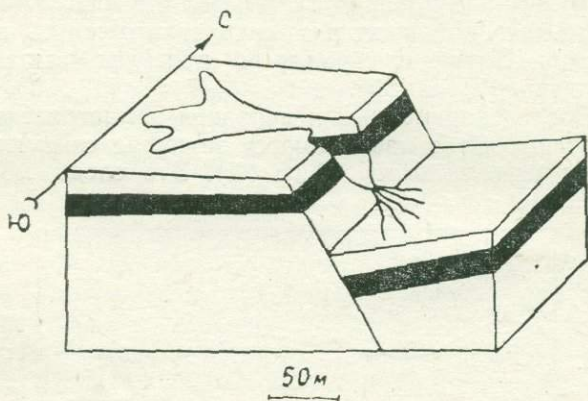
Фиг. 22. Сейсмические раздвиги-расколы

сейсмических ударов. Такие раздвиги в Испании (близ Гюэвьяра) 22/ХІІ 1884 г. достигли 150 м (по перпендикуляру к трещине).

2. Общеизвестно достоверное выражение современного крупнейшего (Андреевского) сдвига в С. Америке, продолжающего развитие на глазах человека и смещающего формы рельефа и постройки.

3. Хорошо известны ясно отраженные в рельефе молодые и современные сбросы (фиг. 23) и взбросы (например, пересеченный ущельем рч. Башкаус в ЮВ Алтае

выше с. Улагана, в районе Сан-Франциско, уступ после Семиреченского землетрясения и др.). Сместитель сначала совпадает с современным рельефом, а затем изменяет наклон и иногда принимает обратное падение, выходясь до 20° и менее. Если дизъюнктив сечет речную террасу, легко определяется его вертикальная составляющая. У долго живущих взбросов (например,



Фиг. 23. Молодой сброс, видимый в рельефе

на месте Куротинского грабена на Алтае) может образоваться обращенный рельеф (из-за неподатливости по отношению к денудации эффузивов по сравнению с мраморами).

4. Хорошо и иногда надежно устанавливаются новейшие дизъюнктивы, подпруживающие пересеченную ими речку.

5. Известны ограниченные дизъюнктивами горсты, перепиленные antecedentными долинами.

6. Не доказательством, а указанием на возможный дизъюнктив является резкая смена равнинных участков горным хребтом или кряжем (например, Салаиром, Курайским хребтом и Зап. Саяном; где дизъюнктивы доказаны еще и другими признаками).

7. Весьма вероятно наличие дизъюнктива по смещению нагорных ступеней, как это видел В. А. Обручев. В Зап. Саяне это доказано, хотя в других случаях мы

можем установить два уровня разновозрастной пенепленизации.

8. Отчетливо выражаются в рельефе разломы, ставшие путями трещинных излияний.

9. Хорошо сохраняются следы молодых дизъюнктивов в рельефе дна океанов (например, Индийского).

10. Четвертичное подновление южного продолжения Восточной границы Кузбасса (с амплитудой движения около 30 м) создало грандиозный порог в гранитах Порожинского массива Горной Шории.

11. Переходим к древним дизъюнктивам, выраженным в рельефе с помощью селективной денудации. Примером такого отражения являются цепочки карстовых воронок вдоль дизъюнктивного контакта.

12. Другим подобным примером являются дайки (на месте раздвига) и другие подобные признаки дизъюнктивов.

13. Природные рвы не по падению склонов, а косо к ним, или естественные траншеи могут быть признаком дизъюнктива. Если дизъюнктив доказан, то по таким рвам он точно надежно прослеживается.

14. Субсеквентные долины, понимаемые в узком и широком смысле, могут совпадать не только с трещинными зонами и податливыми слоями, но и с дизъюнктивами.

15. Могут быть хорошие палеогеоморфологические доказательства дизъюнктивов. Однако они появляются обычно после геофизических, разведочных и эксплуатационных работ.

В заключение отметим, что сами по себе геоморфологические критерии убедительны обычно в случае новейших смещений форм земной поверхности. В других случаях они хороши для прослеживания дизъюнктивов. Но в виде исключения даже задернованные, но, так сказать, «просвечивающие» через тонкий рыхлый покров дислоцированные толщи и массивы могут дать бесспорный материал для доказательства дизъюнктивов, если для этого достаточны структурные взаимоотношения примыкающих к ним образований.

Отсутствие геоморфологического выражения дизъюнктивов на поверхности при известных условиях возможно (например, для погребенных ниже уровня подземных

вод дизъюнктивов, для дизъюнктивов в однородных карбонатных породах, с залеченными карбонатами сместителем и т. п.). Таким образом, отсутствие геоморфологического выражения дизъюнктива, вообще говоря, не опровергает его, но оно должно быть объяснено, так как чаще дизъюнктивы все же получают то или иное геоморфологическое выражение.

28. Аэрогеологические критерии. Наводящим признаком наличия дизъюнктива является разнохарактерность ландшафта соседних участков, если ее нельзя объяснить физико-географическими условиями. Эта разнохарактерность, выраженная на аэроснимках в различии фоторисунка, обусловлена особенностями денудационного рельефа и форм накопления, степенью задернованности, окраской обнажений горных пород, вариацией растительного покрова и прочее. Границы участков ландшафта с различным характером соответствуют различным геологическим границам, в частности, дизъюнктивам.

Как ослабленные зоны, выраженные в рельефе, дизъюнктивы обычно улавливаются и прослеживаются по ряду отрицательных форм рельефа (по цепочкам воронок и ложбин, по ложбинам, отрезкам долин, по отрицательным перегибам склонов, по ряду седловин), которые нередко подчеркиваются большей задернованностью и более густой и темной растительностью. Дополнительным признаком прямолинейного дизъюнктива является спрямленность отражающих его в ландшафте отрицательных форм, более сильная их врезанность, а местами и независимость от направления падения склонов.

С самолета или по аэроснимку можно в случае дизъюнктивного контакта видеть срезание или смещение по нему элементов геологического строения (слоев, даек и проч.). Аэрогеологическим методом можно выявить и проследить также те дизъюнктивы, по которым образовались жилообразные тела стойких пород, выраженные в рельефе в виде гряд или цепочек коренных выходов.

В горно-степных районах, вроде Минусинской степи, дизъюнктивы на аэроснимках бывают столь же очевидны, как и на геологических картах. Только на геологических картах могут быть ошибки, а на аэроснимках с объ-

ективностью фотографии в точности отражается сама действительность.

Может быть нет смысла выделять особо ландшафтные или географические признаки дизъюнктивов. Но отметим в качестве отражения крупнейших региональных дизъюнктивов глубокие озера и прямолинейные цепи озер (например, в Восточно-Африканских грабенах). В ландшафте дизъюнктивы выражаются местами в виде линейно вытянутых групп деревьев вдоль зон смещения, в виде таких же зон заболачивания или полос пышной (или напротив чахлой) травы и т. п.

29. Комплексное геологическое картирование является прежде всего средством прослеживания уже установленных дизъюнктивов. Но если смещение сомнительно, то при прослеживании таких сомнительных контактов неопределенной природы в процессе геологического картирования следует использовать ряд вышеописанных критериев распознавания дизъюнктивов. При этом они применяются комплексно. Следовательно, геологическое картирование является обычно правильным, комплексным применением охарактеризованных в данной главе методов распознавания дизъюнктивов. Вместе с доказательством наличия дизъюнктива путем прослеживания его по простиранию следует собирать по возможности наиболее точный, обильный и всесторонний материал для решения вопроса о типе, величине и о развитии дизъюнктива. Поэтому использование комплексного геологического картирования необходимо на всех стадиях диагностики и исследования дизъюнктивов.

30. Признаки дизъюнктивов при проходе выработок тоже слагаются в целый, выше уже охарактеризованный комплекс. В этом комплексе важную роль при хорошо изученной стратиграфии играют: 1) дизъюнктивный тип повторения или выпадения, 2) срезание снизу геологических свит и формаций, 3) налегание неопрокинутых более древних горных пород на более молодые, 4) пересечение даек, силлов и т. п., тел, образованных механической инъекцией магмы, но не метасоматозом. Если дизъюнктивы пересекаются не скважиной, а шахтой, квершлагом, то в таком случае представляется возможность особенно тщательно изучить морфологию зон смещения и получить важный

материал не только для доказательства наличия дизъюнктива, но и для определения его типа, а с помощью геологической карты и других ранее полученных материалов даже и для количественной оценки дизъюнктивов.

31. Прогноз дизъюнктивов. В начале данной главы было отмечено, что при недостатке фактов дизъюнктивы остаются недоказанными. Они лишь вероятны или возможны. Когда наличие дизъюнктива предполагается на тех или иных научных основаниях, речь может идти о научно обоснованном прогнозе, о том, чтобы предвидеть дизъюнктивы еще неизвестные, прикрытые наносами, или не выходящие на поверхность (погребенные и «слепые»), или даже устанавливать предположительное распространение по простиранию или на глубину известных дизъюнктивов, но неизвестных их частей. Последнее, конечно, проще всего, но и тут ошибки возможны.

Допустим, в данном месте дизъюнктив не доказан, но в районе уже установлена целая система чешуйчатых или кулисообразных, или концентрических, или радиальных и т. п. закономерно повторяющихся дизъюнктивов. Допустим, известен шаг дизъюнктивов этой системы, т. е. наименьшее, поперечное расстояние между соседними элементами, и общее простирание (или направление и угол падения) ее, или же известен угол между радиальными дизъюнктивами. В таком случае, зная общее направление системы, можно предсказать тот или иной недоказанный член той же закономерной системы дизъюнктивов. Разумеется, это предсказание можно сделать лишь с некоторой погрешностью, так как величина шага бывает известна не вполне точно, а, кроме того, изменяется в зависимости от местных особенностей. Надежность научного прогноза возрастает, если предполагаемый элемент системы расположен внутри ее или в средней части, и уменьшается, если он расположен в конце ее, где его часто может и не быть.

Приведенный пример иллюстрирует использование общих и конкретных (для данного района) пространственных закономерностей расположения дизъюнктивов, когда они рассматриваются в определенной связи друг с другом. Но эти связи и пространственные закономернос-

ти могут быть довольно многообразны. Так, бывают системы веерообразно рассеянных дизъюнктивов.

Отметим еще закономерную связь главных и второстепенных связанных с ними генетически дизъюнктивов. Последние можно назвать ветвями или ответвлениями главного дизъюнктива. Некоторые их называют апофизами. Это один из видов сопряженных дизъюнктивов. Если связь главного дизъюнктива с его ветвью закономерна и известна, то наличие ветви является признаком где-то поблизости лежащего главного дизъюнктива.

32. Типичные ошибки диагностики. Какие другие контакты чаще всего принимаются ошибочно за дизъюнктивные? Конечно, не магматический и не метасоматический, так как они весьма своеобразны и по своей форме, и по содержанию. Несомненно, чаще всего за дизъюнктив ошибочно принимаются явно несогласный дизъюнктив ошибочно принимается явно несогласный получающийся в результате складчатости и последующей денудации. Как не допустить подобной ошибки? Этого можно добиться лишь с полным учетом методики распознавания поверхностей несогласия.

Могут ввести в заблуждение исследователя и контакты, характеризующиеся прилеганием осадков под углом к их ложу. Такие контакты аналогичны, но не тождественны срезанию геологических формаций дизъюнктивами со стороны лежащего бока.

Напомним еще раз о дизъюнктивах-невидимках, которые, кажется, вовсе или почти не смещают рассеченных тел и поверхностей и потому пропускаются.

Кончаем кратко, но довольно полно изложенный выше обзор методики распознавания дизъюнктивов. Небесполезно еще раз подчеркнуть необходимость, как правило, комплексного ее использования; для того следует при картировании в первую очередь прослеживать по простираанию те контакты, которые могут оказаться дизъюнктивами; надо собирать, пользуясь вышеописанными методическими указаниями, достаточное количество многообразных фактов, прежде всего, для решения вопроса: есть или нет дизъюнктив? Конечно, успеху дела должна способствовать высокая степень изученности

стратиграфии и тектоники, а также хорошая геологическая карта.

Далее, следует иметь в виду, что отмеченные выше критерии желательно применять в зависимости от типа, величины, условий (например, глубины) образования и от возраста дизъюнктивов.

Так, если искомый дизъюнктив относится к дизъюнктивам растяжения (разломам и т. п.), основным критерием для нас должны быть зияющие трещины и их заполнения магматическим или осадочным материалом. Если вероятнее всего встретить сброс, придется считаться с тем, что тектонические брекчии, по-видимому, для него обычнее, чем для взброса.

Далее, совершенно различны критерии распознавания дизъюнктива с амплитудой в сотые и десятые доли миллиметра, по сравнению с региональным дизъюнктивом. Первый мы сможем заметить лишь в шлифе под микроскопом или под лупой, а второй мы не сможем обозреть даже с самолета. У одного сместитель выражен одной поверхностью смещения (даже порой без трещины), а у другого мощность зоны смещения измеряется десятками и даже сотнями (если не более) метров. Само собою разумеется, речные субсеквентные долины могут быть признаком крупного дизъюнктива, а не такого, который по своей амплитуде и длине измеряется десятками метров.

Затем признаки наличия дизъюнктивов зависят и от глубины, на которой происходило смещение, хотя эта зависимость, как и зависимость от других условий, почти не изучена. Все же, очевидно, что поверхностные признаки дизъюнктива (формы рельефа, пещеры, трещинные источники, пещерные и илювиальные отложения и др.) встречаются не на больших глубинах, для которых в свою очередь характерны явления течения в дизъюнктивных зонах. Распознавание дизъюнктивов зависит и от других геологических условий: на суше или на дне океана; в вулканической стране или в районах без магматической и гидротермальной деятельности; в складчатой зоне, где широко развиты пликатогенные дизъюнктивы (например, чешуйчатые взбросы и надвиги), или на платформе, где скорее можно встретить разломы и т. д.

Наконец, возраст дизъюнктивов и отложений, в которых мы пытаемся их установить, также имеет значение: чем древнее толщи, тем, вообще говоря, древнее дизъюнктивы, тем многообразнее их признаки и способы их обнаружения. Наиболее же молодые однофазные дизъюнктивы выражены проще всего и их нетрудно обнаружить по свежим следам в смещенном ими рельефе. Кроме того, новейшие четвертичные отложения, как правило, не затронуты дизъюнктивами (вне современных складчатых зон), и наличие дизъюнктивов среди них далеко не частое явление.

КАЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ (ДИАГНОСТИКА) ОДНОФАЗНЫХ ДИЗЬЮНКТИВОВ

(Определение типа или вида и характера однофазного дизьюнктива)

А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОГО СМЕЩЕНИЯ

1. Если наличие дизьюнктива установлено, то после решения этой первой задачи возникает следующая задача: определить, какой это дизьюнктив. Данную задачу решают всесторонне, комплексно, не по одному признаку, а с помощью ряда приемов или методов; при этом принимается во внимание прежде всего характер или морфология сместителя или поверхности разрыва, вид и главное — направление относительного смещения; этот ряд приемов излагается в начальной части диагностики однофазных дизьюнктивов. Затем во второй части дается определение направления «абсолютного» смещения (относительно центра Земли). Наконец, в третьей части, в §15—37 излагается определение характерных геологических черт дизьюнктива. При этом принимаются во внимание условия возникновения или развития дизьюнктивов (платформенных, сибиретипных, геосинклинальных и проч.); затем определяются элементы залегания дизьюнктива и отношение к рассеченной структуре; устанавливается его эндогенное или экзогенное происхождение; далее учитывается зарождение его в рыхлых или каменных породах, или же в виде систем и одиночных структур; характеризуется состав дизьюнктива и т. д.

В разные фазы тектонического развития дизьюнктивы могут изменять свой характер. Таким образом, необходимо добиваться качественного определения их для каждой такой фазы последовательно. В данном разделе мы даем методику определения лишь однофазных дизьюнктивов, встречающихся в природе в зонах новей-

ших третичных и четвертичных дислокаций (или более древних дизъюнктивов, лежащих под отложениями древних платформ). Диагностика же многофазных дизъюнктивов дается в другом разделе в связи с анализом их развития.

Начнем с методики определения направления смещения. Но прежде отметим, что мы подразумеваем под направлением смещения однофазного дизъюнктива. В течение одной непрерывной фазы движения, надо думать, смещение данной точки по дизъюнктиву может быть в простейшем случае прямолинейным; но оно бывает также с отклонениями по синусоидальной кривой; местами оно происходило по плавной кривой (в частности, по сектору окружности). Возможно представить себе движение, непрерывное во времени, но по ломаной линии. Впрочем, тут лучше говорить о многофазном или о многостадийном движении.

Направление смещения в данной точке есть азимут вектора движения по лежащему боку; при этом данный азимут отсчитывается в плоскости сместителя (от 0 до 360°) от линии восстания по ходу часовой стрелки.

Посмотрим сначала, что дает нам для определения типа дизъюнктивов характер или морфология сместителя, трещин разрыва и дизъюнктивных зон. Элементы этой морфологии уже охарактеризованы выше, и там показано, как по ним распознавать дизъюнктивы. В добавление остановимся прежде всего на царапинах (штрихах), бороздах (шрамах) и желобах скольжения. Что ограничивает их использование?

Иногда, правда сравнительно редко, приходится прежде всего решать вопрос, вызваны ли они именно эндогенными процессами, а не оползнями, движением ледников и т. д. Далее, само собою разумеется, что направление смещения определяется по тектоническим царапинам на сместителе, а не на повернутых обломках, где царапины ориентированы в самых различных направлениях, отличающихся от направления дизъюнктивного смещения.

Некоторые полагают, что тектонические царапины на сместителе бывают ненадежны: ведь движение обломка не всегда параллельно движению висячего и лежащего крыльев дизъюнктива. Тут возможны два случая:

первый, когда царапины создаются мелкими обломками не крупнее зерна, и второй, когда они значительно больше. В первом случае от вращения зерен не может получиться существенного отклонения движения зерен от направления крыльев дизъюнктива. Во втором случае оно возможно, но не при всяких условиях. Если обломок увлекается поступательным движением того или иного крыла, он на другом крыле (или на обоих) чертит царапины параллельно их движению. Отклонение от последнего начинается в том случае, когда вместе с общим движением обломок получает свое вращательное движение (подобно движению двух колес разного диаметра, насаженных на одну ось). Но это движение переходит от скольжения к качению, а качение может не оставлять царапин. Кроме того, если эти царапины, отклоняющиеся от направления движения крыльев, и получаются, то все же в виде исключения, тогда как все другие обломки увлекаются общим движением крыльев и записывают его на сместителях достаточно точно.

Некоторые царапины скольжения получаются с прерывистыми углублениями или же являются сами черточными, прерывистыми. Это отчасти можно объяснить как результат сейсмического движения. Если же это так, использование меняющейся ширины царапин становится ненадежным.

Далее возможно, так сказать, рассеянное проявление дизъюнктивного смещения, когда оно проявляется мелкими подвижками вдоль тектонических трещин. В этом случае направление царапин на каждой такой поверхности определяется в значительной мере ее ориентировкой. Это направление весьма варьирует, и определение суммарного смещения становится очень сложным или невозможным делом.

Смещение крыльев только что возникшего дизъюнктива может происходить перпендикулярно ему, путем раздвигания крыльев; тектонических царапин и борозд на поверхностях разрыва при этом не может получиться, и они на них не наблюдаются. Впрочем, у двухфазного дизъюнктива они могут возникнуть в первую фазу до раздвигания. Наличие дизъюнктива может быть установлено другими критериями. Если отсутствие царапин действительное, а не мнимое — этот факт имеет диагно-

стическое значение. Он говорит за наличие раздвигов (разломов и т. п. дизъюнктивов растяжения или расширения). При этом они могут не сопровождаться смещением вдоль дизъюнктива. Конечно, нужно убедиться, что отсутствие тектонических борозд первичное, а не вторичное, когда они могут быть уничтожены выветриванием, магмой и замещением.

Дополнительные образования на поверхности скольжения повышают диагностическое значение тектонических царапин. Так, на поверхности скольжения могут быть очень прочные выступы желваков, галек, конкреций, отдельных очень прочных кристаллов и т. п. Они хорошо отшлифовываются, подобно бараньим лбам, с одной стороны. Но если поверхность скольжения может быть слабо волнистой, тогда различие в степени шлифовки противоположных склонов волн обычно почти неуловимо.

Во время движения вырываются куски сланцев и, таким образом, образуются уступы на поверхности смещения; под защитой этих уступов царапины на ней могут не образоваться. Само расположение уступов, если их происхождение обязано дизъюнктиву, определяет направление смещения по нему: вектор ведет по сместителю через уступ к нижележащей ступени.

Допустим, мы учли сделанные выше замечания и предусмотрели возможные ошибки. В таком случае определение направления дизъюнктивов по царапинам можно сделать одним из самых надежных и верных приемов их исследования. Но не следует забывать о многофазности большинства дизъюнктивов. Серьезное усовершенствование в использовании царапин мы ожидаем от микроскопического исследования царапин. Некоторых результатов следовало бы ожидать также от находок коротких царапин, оставленных быстро истирающимися осколками. Они могут возникнуть на любой стадии движения; если они уцелели, они могут дать вектор движения. Особенно ценны короткие царапины, получившиеся от осколков в последнюю стадию движения. Их следует выискивать под лупой.

Зеркала скольжения сами по себе, без царапин не дают указаний на направление смещений. Но такой вид зеркал, видимо, встречается не часто. Однако такие

полированные зеркала без штриховки в виде редкого исключения все же получают. Они, конечно, как правило, не могут указать направление смещения; на них не бывает описанных в первой главе асимметричных бугорков. Мы можем, однако, обнаружить асимметричную плоскую волнистость зеркала.

Много дают для определения направления смещения вызванные им складки и изгибы волочения. Некоторые (В. Н. Вебер, 1937) называли их заворотом крыльев или даже заворотом пластов. Эти термины не прижились, так как с ними смешивается обозначение совсем другого явления — заворота пластов на склоне в коре выветривания.

Итак, мы можем использовать изгибы волочения. Но прежде надо доказать, что данные ошибки не вызваны продольным смятием (т. е. это не подгибы). Не следует забывать и о многофазных дизъюнктивах. Будем помнить о том, что изгибы волочения создаются главным образом первой фазой, перед возникновением срезающей поверхности сместителя или во время ее возникновения; а позже, когда трещина уже есть, смещение по ней во вторую фазу может быть совсем иным, не соответствующим первой фазе, ее изгибам волочения.

Впрочем, при некоторых условиях изгибы волочения возникали и в последующие фазы движений по сместителю. Одним из этих условий является очень прочное скрепление висячего и лежащего боков дизъюнктива жильным веществом. Вторым условием является сморщивание сместителя или смятие его в складки. Третьим условием является смещение сместителя дизъюнктивом, т. е. создание упоров или препятствий на нем. Четвертым условием является превращение дизъюнктивов в «шов», т. е. в дизъюнктив, пересеченный жилками, дайками и т. п. Он закреплен таким образом. Быть может, одним из условий следует считать благоприятное направление сил (или напряжений).

Как использовать складки волочения? Первое, что нужно определить, это — измерить или установить графически положение в пространстве осей складок. Дизъюнктивное смещение, конечно, может быть направлено перпендикулярно к этим осям; однако местами действует

в поверхности сместителя пара сил. В таком случае получается небольшое отклонение осей складок волочения от перпендикуляра к направлению смещения. В общем случае это отклонение невелико, и им можно, как правило, пренебречь.

Изгибы волочения при известных условиях хорошо определяют направление смещения (т. е. тип дизъюнктива). То же самое следует сказать о тех пликативных дислокациях (по преимуществу мелких), в которые дизъюнктивы переходят затухая. При замирании дизъюнктивов остаются одни изгибы волочения, без самого дизъюнктива. Разумеется, такой переход в естественных выходах можно наблюдать обычно лишь у мелких дизъюнктивов. У крупных же он вскрывается, как правило, только при эксплуатационных работах (например, в Кузбассе). Там, как это указано А. П. Дубком, установлен переход прямых надвигов Кузбасса в своеобразные мелкие флексуорообразные (т. е. порожденные парой сил) складки; именно эти складки очень отчетливо определяют этот характер дизъюнктивного смещения по надвигам Кузбасса (Усов, 1940). Таким образом, данные складки оказались определяющей структурой; благодаря ей стала ясной природа этих надвигов, внешне похожих на пологие сбросы.

Направление смещения по дизъюнктиву в некоторых случаях, как подчеркнул М. А. Усов (1940, стр. 75) и В. Н. Вебер (1937), хорошо определяется по рубцовым трещинам. Оно видно и по перистым жилкам в крыльях дизъюнктива, по их относительному расположению (фиг. 24).

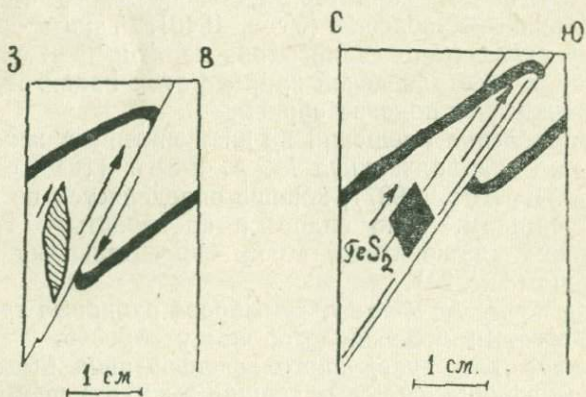
Так, по М. А. Усову, «у взброса рубцовые трещины располагаются более полого, чем у сброса».

Однако для правильного использования этого критерия (и вообще рубцовых трещин и жилок) необходимо соблюдение некоторых условий. Прежде всего, нельзя смешивать зияющие рубцовые трещины с трещинами скалывания (фиг. 25) по сторонам ромба напряжений. Если мы их различить не сможем, то неизбежны ошибки. Конечно, трещины скалывания обычно не характеризуются зиянием в отличие от трещин растяжения; но при последующих подвижках и они могут стать зияю-

щими или заполниться жилками, и это различие не является абсолютно надежным.

С другой стороны, при тех же последующих повторных взбросовых движениях полого падающие трещины растяжения могут повернуться и стать круче, а трещины растяжения у сброса, напротив, могут стать положе и различие между ними, таким образом, исчезнет. Следовательно, и этот признак, взятый сам по себе, без специального исследования, не вполне надежен: надо ведь доказать отсутствие повторных затухающих подвижек. Это лишний раз подчеркивает необходимость комплексной методики.

Направление смещения во многих случаях хорошо определяется затем по обложкам полезного ископаемого, например, угля. Оно видно по волокнистым жилкам, цементирующим бока сместителя (фиг. 24). Оно заметно также по деформации кристаллов в крыльях дизъюнктива (фиг. 25); при этом надо доказать, что эти деформации генетически связаны с данным дизъюнктивом.



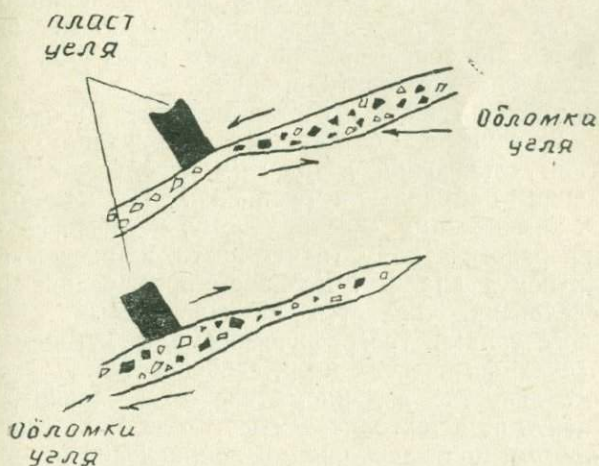
Фиг. 24 и 25. Деформация кристаллов

Допустим, смещение происходит по ломаному сместителю или параллельно двум пересекающимся сместителям; понятно, скаляр смещения определяется тут как линия пересечения этих двух сместителей.

Подытожим рассмотрение морфологии сместителей. Выделим те ее элементы, которые сами по себе, незави-

симо от других критериев, могут характеризовать тип дизъюнктива. Это, во-первых, изгибы и складки волочения, которые теряют свое значение сравнительно редко (в случае складки-взброса и продольного изгиба); во-вторых, это царапины и борозды скольжения. Правда, они сами по себе не доказывают более или менее значительного смещения; но во всяком случае они дают скаляр, а при известных условиях и вектор движения.

Что касается подлинных тектонических брекчий, то они тоже могут дать указание на направление смещения; конечно, в этом случае сместитель сечет горные породы или полезные ископаемые, не повторяющиеся около дизъюнктива. Тогда обломки их в тектонической брекчии уходят в одну сторону от срезанного тела; они указывают направление смещения (фиг. 26, верх). Правда, эти обломки бывают и от другого пласта (фиг. 26, низ). Эти



Фиг. 26. Направление смещения (определяется по обломкам угля)

указания грубые (в пределах двух соседних квадрантов), но вместе с царапинами они дают точный вектор смещения. Как будто тектонические брекчии более свойственны сбросам и вообще дизъюнктивам фазы расширения. Может быть, это мнение и верно. Однако

наличие или отсутствие тектонических брекчий нельзя считать надежным критерием для разделения дизъюнктивов фазы сжатия и расширения. Ведь и при тангенциальных дизъюнктивах тектонические брекчии возникают (может быть, от перемежаемости с фазами растяжения). Особенно это вероятно, если сместители не плоские, а с выступами и впадинами.

Бывает, что тектонической брекчии с бросающимися в глаза обломками нет. Развиты лишь милониты, образующиеся обычно на значительной глубине. Как бы ни расценивать этот признак, но и структуру, и состав милонитов можно использовать для определения направления смещения.

Это можно сделать как под лупой в поле, так и в ориентированных шлифах под микроскопом. В милонитах при этом могут быть обнаружены ясные признаки определенного вектора смещения. Эти признаки обнаруживаются по зернам милонитов: местами видны следы вращения зерен под влиянием пары сил, действовавших вдоль дизъюнктива.

Можно использовать и состав милонитов и тому подобных тектонитов, созданных дизъюнктивами. Мы предлагали следующий метод их использования для определения направления смещения. Их можно подвергнуть химическому, спектральному, петрографическому и минералогическому (в частности, шлиховому, люминесцентному) анализу. Условием применения подобных исследований является наличие ясных отличий смещенного тела: петрографических или химико-минералогических, физических и др. особенностей. Допустим, такие особенности в данном теле есть; значит, мы можем найти их в тектоните у сместителя лишь в одном, а не в другом, противоположном направлении от среза того же самого тела. С этой целью мы берем по обе стороны от этого тела необходимые пробы. Например, мы можем отобрать их по штреку, когда вдоль него доходим до среза.

Если, допустим, штрек шел по пласту с характерной углепетрографией, то полированные шлифы из тектонобрекчии или милонита могут обнаружить обломки именно данного пласта угля по специфическим особенностям его. Если штрек идет по полиметаллической квар-

цевой жиле, то спектральный, а может быть и химический анализы легко обнаружат в пострудном милоните следы цинка, свинца или меди. Притом обнаружат их лишь по одну, а не по другую сторону жилы, если она одна; таким образом, можно определить направление смещения и проектной поисковой выработки. Штрек может идти по кварцевой жиле с самородным золотом, тогда дробленый милонит после промывки в шлихе может дать золото; при этом оно обнаруживается лишь в той стороне, куда смещена дизъюнктивом вторая ее часть. Допустим, в кварцевой жиле есть шеелит; его обнаружит люминесцентный анализ милонита в забое; если же это не поможет, то облучение шлиха из милонита также может обнаружить направление смещения, прошедшего после образования шеелита. Могут быть характерные горные породы, узнаваемые даже в дресвинках. Могут быть неповторимые минералы-спутники, специфические аксессуарные минералы-компоненты смещенных тел. Магнитные и радиоактивные минералы среди них тоже легко могут быть обнаружены в милоните.

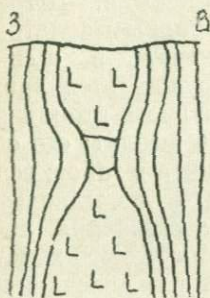
Охарактеризованный выше метод, надо полагать, является достаточно надежным и эффективным. Но он, как новый, еще очень мало проверялся на практике; поэтому мы здесь пока не можем рекомендовать его как вполне проверенный. Необходимым условием его применения является хорошее знание состава вмещающих смещенное тело пород и отсутствие в них характерных или руководящих искомым минералов или химических элементов. В некоторых случаях можно данную методику распространить и на палеонтологические остатки; это верно, если можно узнать в тектонитах радиолярии и другие микроскопические окаменелости.

2. Распознавание разломов, расколов, разрывов и прочих раздвигов

Раздвиг-дизъюнктив с движением перпендикулярно поверхности разрыва. Ранее подобные смещения иногда назывались просто зияющими трещинами (Усов, 1940). Термин «раздвиг» предложен геологом рудника В. М. Ляхницким и проф. В. В. Белоусовым (независимо и одновременно в 1954 г.). Среди раздвигов

(фиг. 27—29) давно выделяется возникающий от растяжения разрыв (Д. И. и И. В. Мушкетовы, 1935, стр. 226), который хорошо изучен в лабораториях по изучению сопротивления материалов. Расколом мы предлагаем называть быстро возникающий сейсмический

раздвиг (от мощных подземных ударов) (И. В. и Д. И. Мушкетовы, 1935, стр. 502). Наконец, один из раздвигов следует называть «разломом». Правда, обычно этим термином называют



5 м

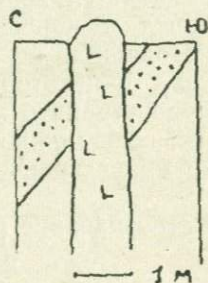
Фиг. 27. Разрыв
дайки



Фиг. 28. Разрыв



Фиг. 28а. Раскол



Фиг. 29. Разлом

весьма протяженные, региональные дизъюнктивы многофазного развития. В частности, они имеют и такие фазы развития, когда движение происходит перпендикулярно

трещине разрыва. Таковы, видимо, знаменитые грандиозные Восточно-Африканские разломы. Они лежат в нескладчатой области; по ним происходили мощные излияния лавы (и движения с образованием грабенов, вроде Байкальского). Впереди нас ждет уточнение терминологии, и ясное русское слово «разлом» будет применяться для точного обозначения смысла этого понятия. Отрывом следовало бы называть раздвиг, происходящий в кровле лаккалита. Термин «отдвиг», видимо, удобен для обозначения горизонтальных раздвигов. Раздвиги могут быть очевидными. Местами они распознаются по зияющим полостям или по заполняющим их телам. Кое-где, впрочем, при движении вдоль сместителя, в случае излома или изгиба сместителя, образуются локальные полости, а не раздвиги. Ошибки возможны и в случае заполнения полости раздвигов минеральными жилами: ведь последние образуются и независимо от раздвигов, метасоматически. Существуют методы разграничения этих внешне сходных образований.

Отмеченные выше ошибки иногда исключаются. Тогда остается еще решить вопрос, нет ли, кроме раздвига, составляющей движения вдоль дизъюнктива. Методика решения этого вопроса несложная; она рассмотрена в одной докторской диссертации (Радугин, 1941).

3. Распознавание зон смятия

Есть дизъюнктивы, порожденные расширением или растяжением. При известных благоприятных условиях они сопровождаются пластическим растяжением горных пород. Но можно представить себе прямо противоположные, созданные сжатием: эти дизъюнктивы закрывают зияющие трещины. Образуются, так сказать, придвиги. Далее они развиваются путем локальной пластической деформации, идущей вдоль дизъюнктива (путем прессования, вытягивания, развальцовки). При этом сближаются ранее более удаленные точки и образуются настоящие зоны смятия (или течения). Для этих зон смятия характерны не изгибы волочения, а подгибы — результат продольного изгиба. Таким образом, в этих своеобразных тангенциальных дизъюнктивах зияющие трещины закрываются. Далее идет локальная развальцовка и выдавливание. Выдавливается

породы дизъюнктивной зоны. Местами спрессовываются и выдавливаются тела магматических пород. Местами же спрессовываются осадочные дайки. Разломы и разрывы фазы растяжения можно условно назвать отрицательными дизъюнктивами. Противоположные им дизъюнктивы являются результатом локального спрессовывания, сближения или смятия (в узком смысле их можно считать положительными).

Теперь возникает вопрос, как узнать смещения, направленные по нормали к зияющей трещине и ведущие к ее замыканию? Этот вопрос — новый. Подобные смещения наблюдались во время землетрясений. Их установить трудно, и соответствующая методика разрабатывается, но она дает решение вопроса лишь в частных случаях.

Что касается дизъюнктивов спрессовывания (или зон смятия), то к ним применима вышеотмеченная методика распознавания разломов. Кроме того, ясным признаком их является продольный изгиб. Этот изгиб порождает вытянутые тела и поверхности, расположенные рядом с дизъюнктивом под большим углом или перпендикулярно к нему. Развитие продольного смятия приводит к образованию локальных складок или зон смятия. Вопрос о распознавании выделяемых здесь дизъюнктивов особого типа — вопрос новый, заслуживающий специального исследования. Многие, вероятно, будут даже оспаривать возможность и необходимость отнесения таких деформаций к дизъюнктивам, а не к пластическим деформациям. И в этом они, пожалуй, будут наполовину правы: ведь основной деформацией в дизъюнктивах спрессовывания (в зонах смятия) является пластическая деформация.

4. Распознавание послыжных дизъюнктивов

Допустим, что наличие дизъюнктива установлено. Допустим, что он не имеет составляющей движения, перпендикулярной дизъюнктиву, если же имеет, то эта составляющая определена и не является главной.

Как в таком случае установить тип однофазного дизъюнктива?

Рассмотрим сначала ответ на этот вопрос в том случае, когда сместитель дизъюнктива не сечет геологичес-

кого тела, а совпадает с его контактом. Он может также идти внутри них, параллельно контакту. В этом случае мы встречаемся с большой группой трудно распознаваемых дизъюнктивов: ведь они не смещают этих геологических тел.

Эти дизъюнктивы, видимо, широко развиты в складчатых толщах. Они не изменяют, не портят стратиграфических соотношений. Их трудно, но возможно заметить. В этой большой группе дизъюнктивов можно различить поскитные или междусвитные и межформационные (интерформационные) дизъюнктивы. Можно узнать также дизъюнктивы пограничные, идущие вдоль контактов магматических и метасоматических тел.

Предполагаем, что наличие дизъюнктива уже так или иначе установлено. Притом мы видим, что он не является секущим. Это сразу и вполне надежно определяет крупную вышеназванную группу послынных, пограничных и межформационных дизъюнктивов.

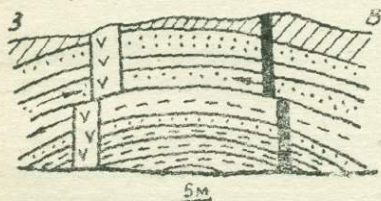
Однако остается еще вопрос, в каком же направлении шло послынное или пограничное смещение всякого крыла: по простиранию, по падению или же по восстанию сместителя, или в каком-либо промежуточном направлении? Каков вид послынного дизъюнктива? У однофазных сместителей этот вопрос достаточно надежно решается по ориентировке царапин, по бороздам на сместителе (с уступами и т. п.). Но иногда этот критерий нельзя использовать. Тогда решение вопроса часто невозможно: ведь послынный дизъюнктив не сечет и, таким образом, как правило, заметно не смещает слоев.

Не помогает тут ни состав тектонических брекчий или милонитов, если они есть, ни многие другие признаки смещения. Можно, правда, рассчитывать на перекашивание волокнистых и шестоватых кристаллов жил, идущих по сместителю. Можно также использовать деформацию рубцовых жил, кристаллов, окаменелостей и конкреций. Можно, наконец, опереться на послынно расположенные складки волочения. Что же касается изгибов волочения, то они при послынном расположении сместителя обычно не развиваются. Но бывают косые слои или же поперечно расположенные к слоям окаменелости. В таких случаях послынное скольжение может

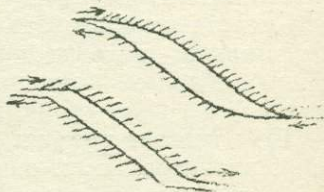
дать изгибы волочения. Возникают они также, если есть трещины усыхания или охлаждения, или тектонические трещины, секущие слои.

Для определения послойных дизъюнктивов могут послужить послойно расположенные складки волочения. Однако наличие дизъюктива должно быть доказано. Тогда послойное расположение и местное распространение этих складок указывает на послойный (или межформационный и междусвитный) характер дизъюктива. Другие же признаки дизъюктива позволяют сказать, какой он (послойный сдвиг, послойный взброс, послойный надвиг и т. п.). Но бывает и так, когда наличие дизъюктива не доказано. Тогда «складки волочения» могут оказаться в действительности дисгармоническими складками. Как известно, такие складки возникают послойно в пластических слоях среди прочных пластов. Они не связаны генетически с послойными дизъюнктивами. Направление мелких, именно послойных дизъюнктивов определяется местами непосредственно по смещению даек, своеобразного, неповторимого сочетания трещин или жилок (фиг. 30).

Поверхность послойного смещения может быть изогнута. В этом случае получают пустоты, ограниченные одинаковыми изгибами слоев (фиг. 31). Это и определяет как направление, так и величину смещения.



Фиг. 30. Послойный двухфазный дизъюнктив*)



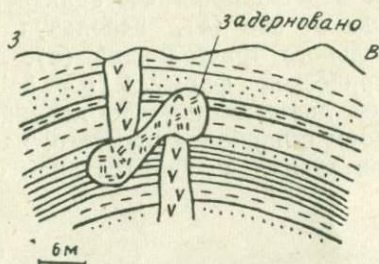
Фиг. 31. Образование пустот у изгиба сместителя

Наконец, направление послойного смещения определяется в том случае, если слои были до смещения расчленены магматической или гидротермальной жилой. Тождество разорванных и смещенных частей жилы может быть бесспорно. Тогда, несомненно, определяет

*) Дайка и жила (вертикальные тела) имеют различный возраст.

ся и направление послойного (но секущего жилы) дизъюнктива. Оно ясно по наблюдаемому относительному положению смещенных частей жилы и по изгибам волочения. Впрочем, так определяется лишь движение после образования жилы. Если же было движение и до ее образования, оно остается неизвестным. Жила может дать обломки в послойную тектоническую брекчию; по этим обломкам своеобразного состава определяется направление послойного смещения.

Местами бывает плохая обнаженность. Тогда за послойно смещенные секущие жилы можно принять ошибочно кулисообразные не смещенные жилы (фиг. 32).



Фиг. 32. Кулисообразные тела: нет дизъюнктива (проекция склона на вертикальную плоскость)

Следует учитывать, что чаще всего послойные дизъюнктивы — пликатогенные. Поэтому на крыльях складок скольжение по ним совпадает или почти совпадает с падением или восстанием крыльев: в осевой же зоне оно идет вдоль волнистой оси складки. Закономерная связь пликатогенных послойных дизъюнктивов с одновременной складчатостью местами усложняется. Это бывает в случае многофазной складчатости переменного простиранья. В этом случае требуется для определения послойных дизъюнктивов применение нескольких методов.

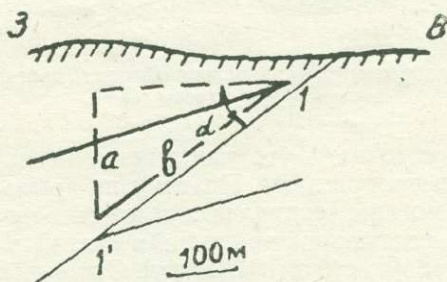
Допустим, направление послойных или пограничных смещений установлено. Хотя классификация их не разработана, не может быть затруднений в их названии. Достаточно обозначить их с помощью добавочного прилагательного. Например, можно устанавливать послойный надвиг, пограничный взброс, межформационный

сброс, поскитный сдвиг, межслойный разлом или отрыв (при образовании силла) и т. д.

Лучше всего послойные дизъюнктивы охарактеризованы М. А. Усовым (1940 г., стр. 47—49) на примере строения угленосных свит Кузбасса.

5. Определение типа дизъюнктива по горизонтальным и вертикальным телам и поверхностям

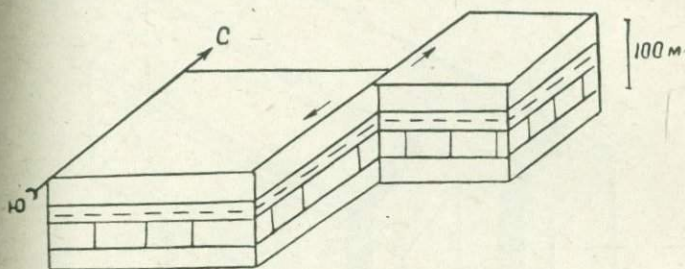
Вопрос об определении можно свести к следующим двум: 1) есть ли горизонтальная составляющая, 2) имеется ли компонент движения по падению или по восстанию сместителя. Второй вопрос можно сформулировать иначе: есть ли вертикальная составляющая; пусть мы знаем ее, тогда от нее (a), используя вертикальный катет прямоугольного треугольника (a), легко перейти по тригонометрической формуле ($a = b \sin \alpha$) к b , т. е. к составляющей дизъюнктива по падению сместителя (фиг. 33). Начнем с наиболее простого: как определить, есть ли горизонтальная и вертикальная составляющие



Фиг. 33. Определение амплитуды смещения по падению сместителя

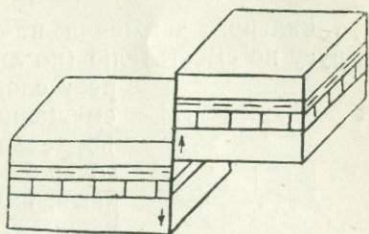
дизъюнктива? Тут можно дать очень легкий метод. Однако он пригоден лишь в некоторых благоприятных случаях, а именно при наличии горизонтальных и вертикальных тел поверхностей. Допустим, они имеются, расчленены и смещены дизъюнктивом. В этом случае его горизонтальная и вертикальная амплитуды легко определяются.

В самом деле, вот перед нами горизонтально лежащая толща (фиг. 34). Она рассечена дизъюнктивом. Ясно, горизонтальные движения не изменяют высоты залегания



Фиг. 34. Сдвиг горизонтальной толщи

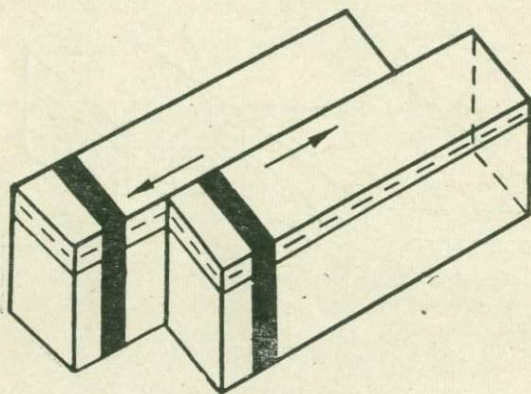
горизонтальных пластов: ведь в этом случае направление смещения и линия скрещения или обреза параллельны. Значит, пласты при горизонтальном смещении не разойдутся. Не изменятся и элементы залегания слоев. Напротив, смещение по вертикали полностью проявит себя; изменится гипсометрическое положение смещенных частей, разница гипсометрических отметок одного и того же пласта в лежащем и висящем крыльях дизъюнктива в точности будет равна вертикальной составляющей движения (фиг. 34 а).



Фиг. 34 а. Смещение горизонтальных тел в вертикальном направлении

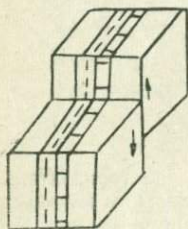
А как же быть с горизонтальной составляющей? Сдвиг в этом случае (в случае горизонтального залегания тел и поверхностей) является дизъюнктивом-невидимкой. Чтобы его обнаружить, нужно иметь вертикальные тела или поверхности. Они могут быть действительно наблюдаемыми (фиг. 34 б) или воображаемыми. Их можно получить даже построением, вроде осевой поверхности складки.

Такие вертикальные поверхности в свою очередь не изменяют своего положения от вертикальных смещений (фиг. 35). Разорванные части вертикального слоя после



Фиг. 34 б. Сдвиг горизонтальной толщи рассеченной вертикальной дайкой

вертикального движения по-прежнему примыкают друг к другу по сместителю (по линии скрещения, или по обрезу слоя). Но зато горизонтальное смещение удаляет их ровно настолько, насколько велико было это горизонтальное движение. Другими словами, видимо, в горизонтальном сечении смещение разрозненных частей вертикальных тел в точности равно истинному горизонтальному смещению (фиг. 35 а).



Фиг. 35. Смещение вертикальных толщ в вертикальном направлении

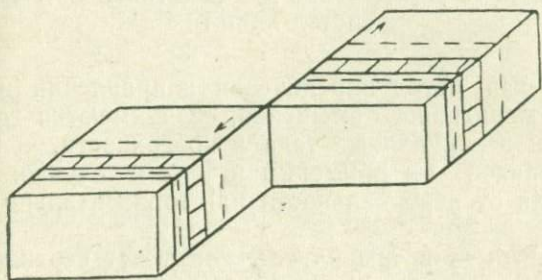
Поэтому достаточно в плане измерить вдоль сместителя расстояние между смещенными частями одного и того же тела или поверхности; это измерение дает как раз искомую величину горизонтального смещения.

Конечно, если есть изгибы волочения, они при определении учитываются.

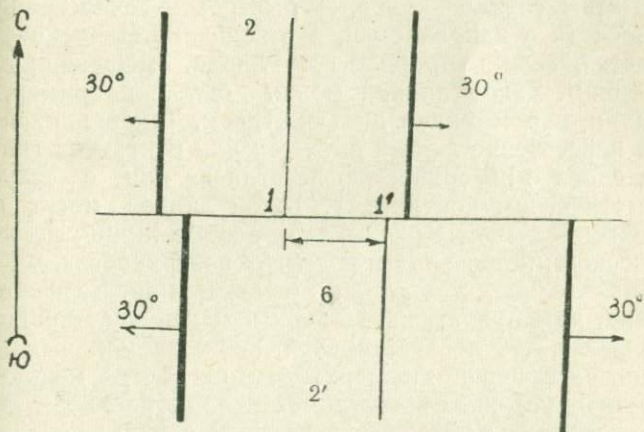
На фиг. 36 показано, как то же правило можно применить в случае наличия в о б р а з ж а е м о й осевой верти-

кальной (горизонтальной) поверхности: хорошо определяется направление сдвига от точки 1 до точки 1'.

Описанный метод применим на платформе для определения вертикальных смещений. В тех же платформенных условиях требуется наличие вертикальных жил, оса-



Фиг. 35 а. Сдвиг вертикальной толщи



Фиг. 36. Смещение построенной осевой поверхности

дочных даек, чтобы определять сдвиги. В складчатых зонах тот же метод применим в районах наиболее интенсивных дислокаций.

Тогда мы используем вертикальные крылья складок. Тот же метод пригоден в лежачих складках, в горизон-

тальных замковых зонах, в районах развития вертикальных или горизонтальных жил и т. п. В неблагоприятной тектонической обстановке данный метод редко дает нужные результаты.

6. Качественное определение дизъюнктивов по смещению частей линии

Выше дан метод определения направления и величины дизъюнктивного смещения, если имеются горизонтальные и вертикальные тела и поверхности. С известной поправкой он применим и в том случае, когда отклонения от вертикальности или горизонтальности невелики.

Но как быть в том случае, когда нет вертикальных (или горизонтальных) тел и поверхностей. При этом нет ни действительных, ни воображаемых или построенных, столь удобных поверхностей.

В этом случае наиболее быстрое и точное решение вопроса (и о направлении, и о величине смещения) получается, если в природе есть линия, смещенная дизъюнктивом. Такой линией может быть, например, ось складки, пересеченная дизъюнктивом. Такой линией бывает пересечение любых двух тел или контактов (например, слоев с поверхностью несогласия или с секущим магматическим контактом). Такой линией могут быть линейные элементы рельефа и особые линии, лежащие в плоскости наложения и в других поверхностях.

Желательно, чтобы линия была прямой. Если же она кривая, нам нужно знать закон изменения ее кривизны.

Бывает, что действительной, наблюдаемой в природе линии, рассеченной дизъюнктивом, нет. Тогда можно при известных условиях воспользоваться построенной линией. Такой линией может быть, например, пересечение плоских крыльев острой антиклинали, замок которой уничтожен денудацией.

Конечно, сечение действительной или построенной линии со сместителем дает нам две сопряженные точки: их относительное расположение определяет направление смещения. Это означает, что определяется вид дизъюнктива; расстояние же между сопряженными точками опре-

деляет амплитуду однофазного дизъюнктива (с учетом изгибов волочения).

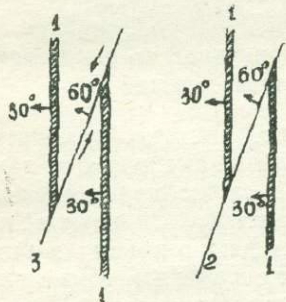
Итак, определение направления смещения можно точно дать по сопряженным точкам любой линии. При этом безразлично, существует ли эта линия в природе, или же она построена путем пересечения двух геологических тел или поверхностей. Определение типа дизъюнктивов по сопряженным или соответственным точкам линии очень точно и ценно. Вместе с тем этот способ дает возможность при известных условиях получить не только направление смещения, но и точную количественную оценку дизъюнктива.

7. Качественное определение дизъюнктивов по смещению непараллельных тел и поверхностей

Вышеприведенный метод можно, понятно, заменить другим: можно определить направление смещения по тем телам или поверхностям, которые своим пересечением дают неповторяющуюся в пространстве, единственную линию. Но для этого необходимо иметь хотя бы два непараллельных тела или поверхности. Пусть они рассечены дизъюнктивом. Пусть части их можно без всяких сомнений узнать по обе стороны дизъюнктива. Методика определения однофазного дизъюнктива по непараллельным телам и поверхностям, рассеченным им, изложена ниже, где рассматривается, как определять величину смещения. В известных работах характеризуются методы И. А. Молчанова и М. А. Усова. В них развивается анализ смещений, данный П. М. Леонтовским в 1906 г. и В. И. Бауманом в 1932 г.

В приведенных выше критериях обращено внимание на главное: на определение направления смещения. Сделаем по этому вопросу дополнительные замечания. Их следует сделать особенно в связи с определением направления смещения по двум непараллельным телам или поверхностям. Как быть, если их нет, если есть лишь параллельные тела и поверхности? Тут прежде всего следует подчеркнуть понятие кажущегося направления смещения в отличие от действительного. Это различие не только учащимися, но и геологами, умудренными опы-

том, бывает, упускается из виду. Между тем на это различие давно обращалось внимание (В. Н. Вебер, 1934 г., стр. 25, И. В. Мушкетов, 1891 г.). Дело в том, что мы можем иметь смещение одного пласта или серии плоских параллельных пластов (или других параллельных тел и поверхностей). При этом в поле мы часто не видим ни царапин, ни изгибов волочения и никаких других признаков, определяющих направление смещения. В этих условиях определить направление смещения нельзя (фиг. 37). Можно лишь случайно угадать его. Но, основываясь на гаданиях, мы не можем принимать важные решения; ведь они лишь в редких случаях



Фиг. 37. Неясный дизъюнктив: и сдвиг (слева), и взброс, и взбросо-сдвиг и т. п.

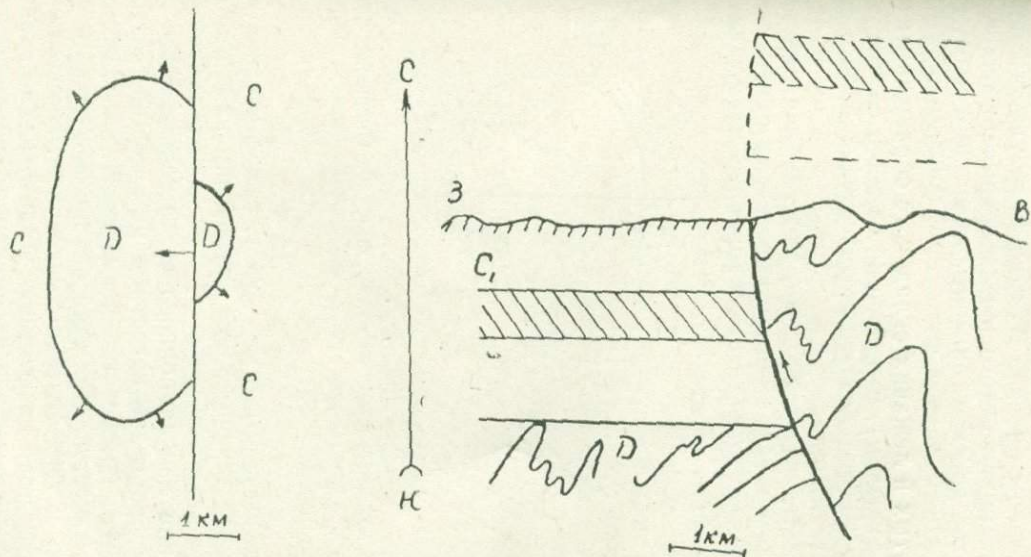
не принесут беды или вреда. Чтобы понять неопределенность решения, мы можем легко представить себе бесчисленные, совершенно различные движения параллельных пластов. При любом направлении движения мы можем прийти к совпадению с данным сечением параллельных пластов. Каждому исследователю известно, что отождествление по одному признаку рискованно и может привести к ошибке. В данном примере мы могли бы аналогизировать по одному

признаку (по внешне одинаковому результату движения). Но при этом мы сделаем неверное заключение об одинаковости движений, которые, однако, являются в действительности глубоко различными.

Итак, нельзя определять вид дизъюнктива только по кажущемуся смещению параллельных тел или поверхностей, если нет никаких других критериев.

8. Распознавание по глубине денудационного среза

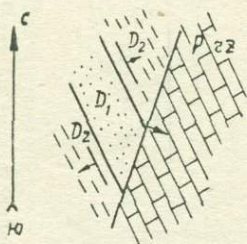
Какое крыло дизъюнктива приподнято или опущено? При решении этого вопроса имеют большое значение стратиграфо-палеонтологические критерии, или геологический возраст (фиг. 38). В обычном случае более древ-



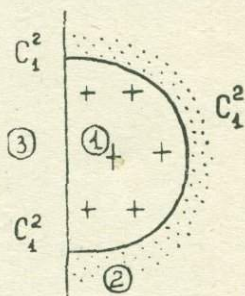
Фиг. 38 а и б. Надвиг или взброс девона на карбон (фигуры не зависимы)

ние отложения одного из крыльев дизъюнктива, лежащие рядом с другим крылом его из более молодых отложений, относительно приподняты, если лежат на одном и том же денудационном уровне. Именно в результате поднятия денудация приподнятого крыла вскрывает более глубокие и более древние горизонты (фиг. 38 а и б). Исключения из этого правила возможны. Они бывают в случае опрокинутых и лежащих складок (с обращенным и перевернутым крылом). Бывают они также в случае пологих надвигов крутопадающего крыла антиклинали в сторону замка антиклинали.

Допустим, мы установили, что глубина денудационного среза по обе стороны сместителя одинакова. Это тоже поможет определить направление смещения или



Фиг. 38. Надвиг или взброс протерозоя на девон



Фиг. 39. Смещение контактовой зоны 2 плутона 1.

вид дизъюнктива: это или сдвиг, или смещение, перпендикулярное вертикальной трещине, или комбинация этих двух движений.

Глубина денудационного среза точнее всего получается при сравнении известных нам мощностей горизонтальных тел по обе стороны дизъюнктива. Возраст их, считаем, известен. При этой оценке можно, помимо того, прибегать к тектоническим критериям. Простейшие приемы такого рода даны выше. Там отмечено распознавание вида дизъюнктива по смещению какой-либо определенной линии или непараллельных тел. В общем же случае мы имеем меняющееся с глубиной, сложное, но за-

кономерное тектоническое строение. Исследование и точное знание его позволяет ответить на вопрос, куда, в каком направлении смещена другая часть изученной нами структуры. Разумеется, это часто достигается в процессе геологической съемки, ее методами. При этом используются уже составленные точные геологические карты и разрезы.

При оценке глубины денудационного сечения можно исходить и из других геологических данных. Например, можно основываться на сонахождении на одном уровне экструзивных тел разных фаз состояния. При этом, разумеется, этот факт нельзя объяснить несогласием; наличие же дизъюнктива уже доказано. Установлено также отсутствие перевернутого или опрокинутого залегания. При этих условиях определяется большая глубина среза того крыла дизъюнктива, где лежат диагенетизированные потоки. Напротив, другое крыло опущено: там экструзии — в первичной фазе состояния. Этим определяется отчасти направление смещений, т. е. наличие поднятия или опускания того или иного крыла.

9. Одним из средств для определения типа дизъюнктива по смещению его крыльев является анализ контактовых зон интрузивных массивов. Помогает также исследование их формы и тектоники, если эти плутоны смещены дизъюнктивом. На фиг. 39 показано, как в контакте с гранитом лежат более древние, но не метаморфизованные им породы нижнего карбона. Обычно такие неметаморфизованные породы могут появиться сверху (путем опускания) или сбоку (при сдвиге). Но если массив лакколитообразной формы, они могли быть во втором варианте приподняты снизу. Значит, решение вопроса требует анализа внутренней тектоники плутона и исследования его формы.

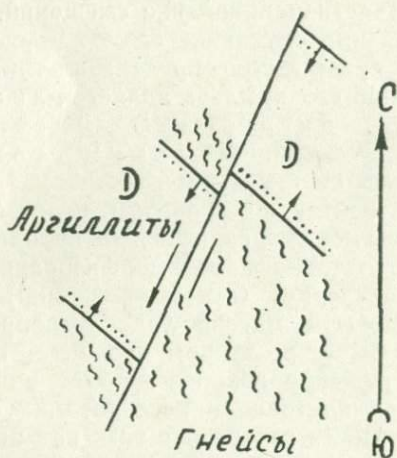
Нет необходимости говорить о том, как использовать границы и элементы тектоники плутонов для определения направления смещения. Об этом уже сказано выше, где говорилось об определении по рассеченной линии или по смещенным непараллельным телам и поверхностям (§ 5—7). Только решение усложняется, если элементы строения резко изменчивы.

Местами магматические тела образовались вдоль трещин путем механического внедрения магмы. Ассими-

ляции почти нет. Эта интрузия сопровождается возникновением особого типа дизъюнктивов растяжения или раздвигов — разломов и др. Магма может при этом воздействовать своим гидростатическим давлением (например, при образовании лакколитов). В этом случае разобщение контактов магматического тела наиболее удачно может быть названо именно раздвигом (отрывом или отдвигом).

10. Диагностическое значение степени метаморфизма

Способствовать распознаванию типа дизъюнктива может исследование резкого скачка в степени метаморфизма. Допустим, такой скачок имеется. Установлено также, что скачок этот результат дизъюнктива. Тогда характер дизъюнктивов выясняется по относительному расположению горных пород: метаморфические, глубоко денудированные толщи приподняты; напротив, рядом



Фиг. 40. Сдвиг метаморфических горных пород

лежащие не метаморфизованные, слабо измененные образования опущены. При других условиях геологическая карта, во-первых, показывает наличие дизъюнктива; во-вторых, по той же карте ясен сдвиг: различные по степени метаморфизма горные породы смещены

главным образом (или только) сдвигом (фиг. 40). Благоприятными условиями такого решения вопроса являются: 1) ясность и точность границы поля контактового метаморфизма и 2) не вертикальное, а наклонное залегание той же границы.

Дизъюнктив может быть доказан. Идущая вдоль него зона локального динамометаморфизма вызвана им. Это — зона рассланцовки. В этом случае исключаются некоторые виды однофазных дизъюнктивов, а именно, дизъюнктивы растяжения (разломы, расколы, раздвиги и т. п.); они не создают рассланцовки. Кроме того, степень развития этой рассланцовки является функцией глубины возникновения дизъюнктива. Но эта зависимость еще не изучена, кроме того, она усложняется влиянием других факторов, она может зависеть от различной хрупкости и пластичности пород и прочее. При прочих равных условиях ширина зоны рассланцовки, созданной тангенциальным дизъюнктивом, тем больше, чем он глубже возникал. Далее, чем крупнее и чем больше пережил он фаз смещений, тем мощнее может быть зона рассланцовки.

11. Определение дизъюнктива как звена закономерной системы смещений

Дизъюнктивы нередко образуют закономерные системы дизъюнктивов. Таковы системы согласно падающих взбросов в Кузбассе, чешуйчатые сдвиги (блатты), многэтажные шарьяжные постройки, повторяющиеся послынные дизъюнктивы; системы образуют также ступенчатые сбросы, ряды кулисообразных дизъюнктивов, радиальные и концентрические дизъюнктивы, сопряженные дизъюнктивы и так далее. Пока мы находимся в пределах той или иной однородной системы дизъюнктивов, мы можем, естественно, легче и надежнее отнести любой ее дизъюнктив к этой же системе. Конечно, внутри системы может возникнуть и чуждый ей дизъюнктив иного типа. Но возможность ошибки почти исключается, как только мы, соблюдая принцип комплексного исследования, обратимся к элементам залегания сместителя или хотя бы к немногим другим признакам. Таким образом, нужно изучать закономерные ассоциации или системы дизъюнктивов. Они

могут быть характерными или типичными для данного района или рудного поля (или месторождения). Тогда, зная эти системы и их свойства, мы можем точно классифицировать всякий вновь встречаемый дизъюнктив и относить его к той или иной системе.

Это можно сделать прежде всего по характерным для системы элементам залегания сместителей (или поверхностей раскола-разлома). Далее, с той же целью можно воспользоваться тектоническим шагом. Так мы называем поперечное к сместителям расстояние между соседними однородными дизъюнктивами данного рода. В случае кулисообразных параллельных дизъюнктивов, кроме тектонического шага, требуется знать и общее направление системы (или азимут оси ее).

Одним словом, мы можем иметь целую систему параллельных и почти параллельных дизъюнктивов. Установление характера одного или нескольких из них в значительной мере определяет всякий другой элемент той же самой системы.

Мы местами имеем системы более или менее правильно повторяющихся радиальных дизъюнктивов. Тогда подобные или такие же дизъюнктивы легко определяются и находятся. Надо только знать их центр и угол, через который повторяются дизъюнктивы данного веера или сектора.

Далее, мы можем иметь известное нам сочетание сопряженных дизъюнктивов — главного и серии его ответвлений. Тут мы также легче определяем первый, если встречаем выработками сначала все новые ветви того же дизъюнктива.

Бывают и другие ассоциации главного и второстепенных дизъюнктивов. Речь идет о спутниках крупных дизъюнктивов, параллельных ему и во множестве развивающихся в зоне смещения.

Бывает и так, что признаки крупного дизъюнктива, определяющие его природу, еще не ясны. Они не наблюдаются или еще не изучены. Зато в зоне смещения хорошо видны его мелкие спутники того же типа (например, микродизъюнктивы). У таких смещений обычно видны оба крыла. Поэтому, как правило, легко определяется не только их наличие, но и их тип, и их

величина. По известному выражению: в капле отражается целый мир, в тектонике нередко наблюдается соответствие или однородность типов дислокаций разного масштаба. Поэтому по мелким дизъюнктивам очевидной природы в зоне смещения крупного дизъюнктива определяется и последний. Конечно, он определяется при некоторых условиях, исключающих ошибку. Этот критерий, между прочим, использовался с успехом в Кузбассе.

12. Физико-геологические и геодезические критерии

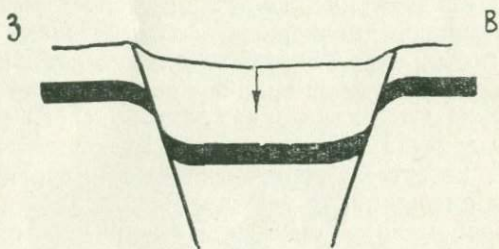
Далее отметим повторные точные геодезические наблюдения. Они могут быть средством установления характера современных дизъюнктивов. Здесь, в сущности, речь идет о методике динамической геологии. Прецизионная нивелировка устанавливает, какое именно крыло опускается или поднимается. С другой стороны, можно точно и повторно определить географические координаты одной и той же точки. Это делается с помощью хронометра и астрономических вычислений или с помощью повторных геодезических измерений. Мы можем так обнаружить горизонтальные смещения реперов или точек триангуляционных сетей. При этом смещения эти далеко выходят по своей величине за пределы допустимых погрешностей.

Но раз известны горизонтальные и вертикальные компоненты смещений, то тем самым выясняется полный характер современных смещений (например, определяется сдвиг, если нет вертикального компонента, и др.). Так, по Андреевскому сдвигу в С. Америке длиной в сотни километров (с большой амплитудой смещения) наблюдаются современные сдвиги. Геодезические измерения, понятно, дают возможность определить не только качественно, но и количественно смещения, идущие на глазах человека. Такие определения, конечно, строго говоря, еще не предрешают вопроса ни о типе, ни об амплитуде ранее прошедших, более древних смещений. Однако при известных условиях может проявляться унаследованность тектонических движений. В таком случае прогноз типа древнего дизъюнктива по современной его жизни становится небеспочвенным.

13. Геоморфологические критерии

Они часто доказывают наличие дизъюнктива (или подкрепляют его доказательство). Но они гораздо реже помогают при определении типа дизъюнктива, если он не современный. В случае же современных движений роль геоморфологии почти такая же, как геодезии: тут их задачи и методы отличаются мало. Приведем пример хорошего геоморфологического критерия при определении относительного смещения — выраженные в рельефе ступени ступенчатых грабен или горстов. Тут направление относительного смещения очевидно.

Допустим, определяются древние дизъюнктивы, создавшие тектонические депрессии (грабены) и выступы (горсты). Тут возможны два варианта. Первый вариант обычный: положительная (или отрицательная) структура выражена тоже положительной же (или отрицательной) формой рельефа (фиг. 41); второй вариант более редкий: тут, напротив, положительная структура вы-

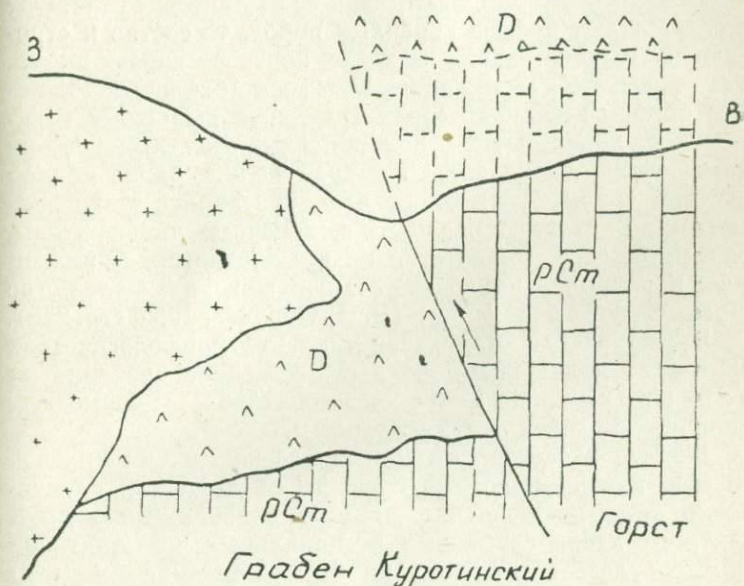


Фиг. 41. Выражение сброса в рельефе

ражена отрицательной формой рельефа (случай обращенного рельефа) (фиг. 42). Таким образом, если дизъюнктив древний, даже наиболее простой вопрос о том, какое крыло опущено или приподнято, не может быть решен сразу и бесспорно по рельефу, а должен быть проанализирован. Этот анализ покажет, исключен ли случай обращенного рельефа или он имеет место. А этот анализ является уже не узким, геоморфологическим, а более широким, геологическим.

Все же следует иметь в виду, что случаи обращен-

ного рельефа редки. Сомнения чаще возникают не в том, исключен ли этот редкий случай, а в том, является ли резкий переход от гор к впадине именно дизъюнктивом. Мы же, разбирая вопрос о типе дизъюнктива, считаем вопрос о наличии дизъюнктива уже решенным. Допустим, что этот вопрос действительно и правильно решен, тогда при диагностике дизъюнктивов сравнительно легко (и обычно надежно) используется геоморфологический критерий разделения опущенного крыла от поднятого.



Фиг. 42. Выражение взброса в обращенном рельефе

Почему обычно древние горсты выражены как положительные формы рельефа? Не только потому, что в современном рельефе, несмотря на более быструю денудацию горстов, следы древних поднятий еще не уничтожены из-за недостатка времени. Это бывает также и потому, что сама скорость денудации более прочных горных пород приподнятых участков меньше, чем ско-

Так, в третичное время денудация в Кузбассе и Минусинской котловине имела дело главным образом с нестойкими песчаниками и аргиллитами. В окружающих же горных краях залегают более твердые граниты, гнейсы, кристаллические или метаморфические сланцы, кварциты, эффузивы и т. п. Это различие, оказывается, не компенсировалось большей энергией рельефа горных кражей.

В некоторых случаях в рельефе ясно отражаются и сдвиги. Геоморфологический критерий в этих случаях является особенно ценным, ведь если наносы вуалируют и сглаживают рельеф коренных пород, то состав и строение их в естественных выходах почти не наблюдаются. Так, в девоне ЮЗ окраины Кузбасса (около рч. Усканды) полосы песчаника среди аргиллита выражены в виде чуть приподнятых^{*} полос почвы, местами же они намечаются даже только в виде полос более мелкой и сухой травы. И именно в этой обстановке резко бросались в глаза мелкие, почти поперечные дизъюнктивы, видимо, сдвиги. В качестве крупных сдвигов, выраженных в рельефе, приводят сдвиги в горах Салев (во Французской Швейцарии) (В. А. Обручев, 1932, стр. 246).

В заключение характеристики геоморфологических критериев подчеркнем очень существенное значение их для прослеживания дизъюнктивов. Разумеется, наличие их считается доказанным.

14. Что касается сейсмических критериев, то они, как правило, почти ничего не дают для определения типа дизъюнктива. Но по расположению гипоцентров вдоль глубинных региональных дизъюнктивов можно судить о направлении и угле падения их (это было установлено у границы Азии с Тихоокеанской впадиной). Кроме того, если наличие дизъюнктива ясно, его современная сейсмическая жизнь свидетельствует о том, что это не мертвый, а продолжающий развиваться дизъюнктив.

Б. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ «АБСОЛЮТНОГО» СМЕЩЕНИЯ

15. Это определение возможно сделать у современных дизъюнктивных дислокаций. Речь идет об опреде-

лении направления не относительного, а «абсолютного» смещения, т. е. смещения относительно центра Земли или уровня моря. Давно известно, насколько трудно установить, происходит ли действительно опускание дна грабена. Не происходит ли, напротив, его поднятие с отставанием от более приподнятых горстов? В последнем случае мы имеем как бы отрицательный грабен или грабен поднятия (например, в Чуйской степи Алтая). Некоторые тектонисты вводят в определение дизъюнктива не относительное смещение, а изменение географических координат (икс, игрек и глубины залегания) в земной коре. Этот критерий, может быть, и хорош, но в настоящее время не применим за редкими исключениями.

В качестве примера таких исключений приведем применение повторных точных определений абсолютной высоты и географических координат. Ими действительно можно установить, поднимается или опускается та или иная часть суши. Далее, приведем еще один пример: некоторые движения небольших частей земной коры, происходящие в связи с бесспорным поднятием магмы. Так, инъекция магмы под немогущую толщу слоев при образовании лакколита ведет к поднятию этих слоев. То же следует сказать о жерловой пробке в известной структуре, названной неточно кольцевыми дайками. Мы имеем в виду конические жилы жерловой фации. Но это движения твердых масс земной коры (с их разобщением по поверхности разрыва). Их лишь несколько условно можно отнести к дизъюнктивам, так как главным содержанием тут являются вулканические процессы; кроме того, в случае образования лакколита получается купол—результат пластической деформации. Эта пластическая деформация имеет, может быть, не меньшее значение, чем отрыв (и отдвиг слоев вверх), сопровождающий набухание лакколита. Таким образом, дизъюнктивы, притом весьма своеобразные, в приведенных сложных процессах являются лишь одной стороной многообразного явления. Все же они участвуют в нем и имеют определенное направление не относительного, а «абсолютного» смещения.

Не относительные, может быть, кажущиеся, а действительные опускания хорошо фиксируются вдоль оползневых сбросов. Подобные смещения вместе с современными поднятиями вдоль других сместителей изучаются с помощью повторных точных нивелировок и точных определений широты и долготы.

В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЧЕРТ ДИЗЬЮНКТИВА

16. Диагностическое значение залегания сместителя

Элементы залегания сместителя или поверхности разрыва при определении типа дизьюнктива необходимо знать. Ранее сместитель почти всегда ошибочно называли сбрасывателем. Конечно, замерить их просто, если они обнажены. Но сделать это необходимо.

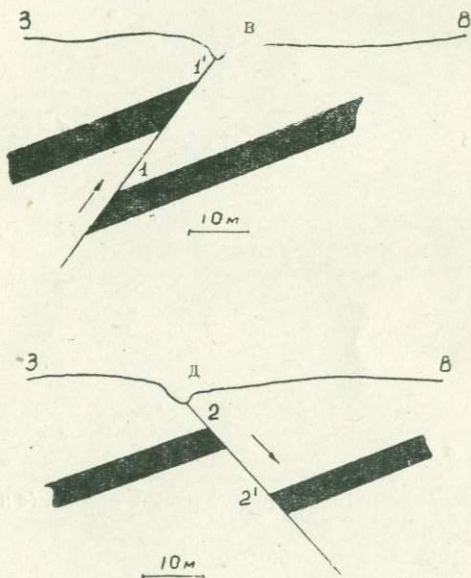
Разумеется, если сместитель не обнажен, его залегание может быть определено по 3 точкам сместителя, не лежащим на одной прямой. То же можно сделать по двум его линиям, или по линии и точке вне ее. Методы графического и аналитического решения этой задачи излагаются в учебниках полевой геологии и потому считаются известными читателю.

В ряде случаев знание залегания дизьюнктива исключает невозможные решения задачи. Так, если сместитель однофазного дизьюнктива — вертикален, это не надвиг и не шарьяж; ведь для них характерны пологопадающие и горизонтальные сместители. Допустим, последние имеются. Тогда однофазный дизьюнктив нельзя отнести ни к сбросу, ни к взбросу, ни к другим дизьюнктивам с вертикальной составляющей движения. При горизонтальном залегании сместителя стирается грань между сдвигом и надвигом: ведь у горизонтальной поверхности линии простирания и падения неразличимы.

Нередко имеет значение для диагностики угол падения сместителя: большой у взброса и небольшой у надвига (Усов, 1940) (фиг. 43, а). Во всяком случае знание залегания дизьюнктива имеет немалое практическое значение при поисках, разведке и эксплуатации. Важно знать направление падения сместителя

в зависимости от чего меняется вид дизъюнктива или его разновидность (например, согласно- или несогласно падающий взброс — фиг. 43 а).

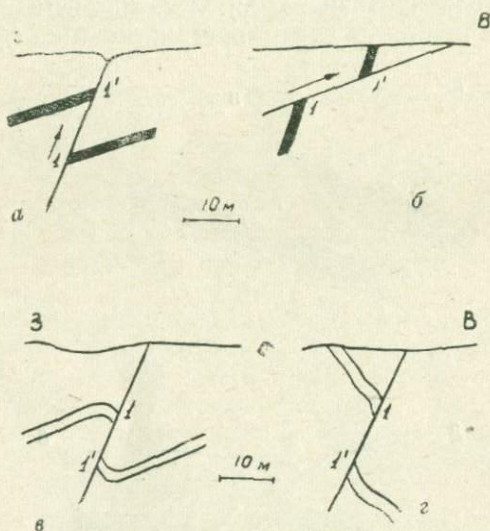
Итак, следует учитывать при диагностике залегание сместителя; но мы легко и без ошибки используем этот признак лишь в случае однофазности развития дизъюнктивов. У двух- или у многофазных дизъюнктивов залегание дислоцированного дизъюнктива изменяется; это изменение нельзя не учесть при диагностике (фиг. 43 б).



Фиг. 43. Взброс и сброс

Известно, что у главных дизъюнктивов бывают неразрывно связанные с ними ветви («апофизы»). Это — вид сопряженных или производных дизъюнктивов. Так, спутником однофазного крутопадающего взброса может быть более пологое ответвление, внешне похожее на надвиг. Некоторые зарубежные геологи полагают без достаточного основания, что различие в углах падения равно в данном типе дизъюнктивов как раз 30° ; конечно, это лишь частный случай. Сочетание главного

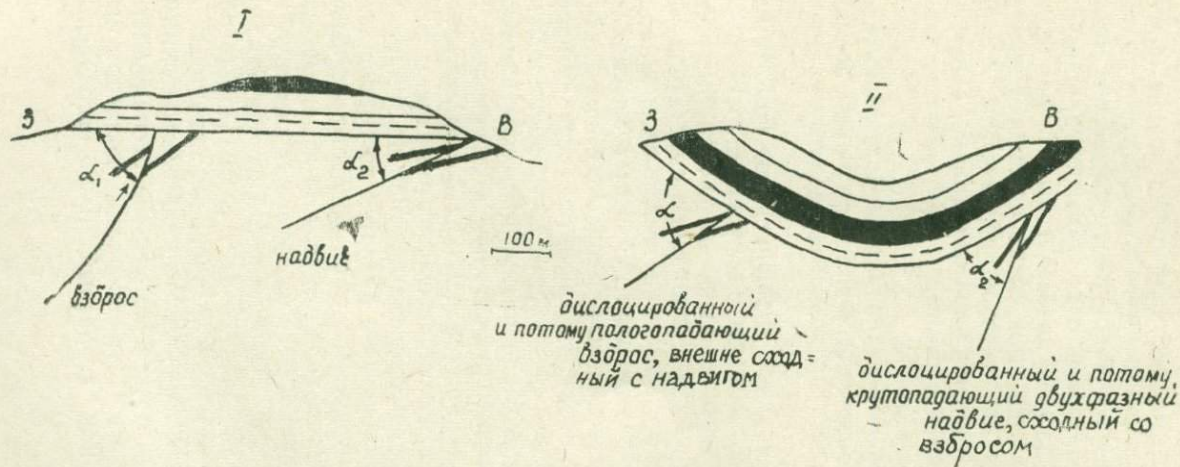
дизъюнктива с его ветвью интересует нас здесь в связи с необходимостью разграничения надвига и взброса. Как известно, они отличаются величиной угла падения сместителя. В приведенном примере, казалось бы, диагностическое значение угла падения сместителя становится несущественным (или спорным и сомнитель-



Фиг. 43 а. Согласно падающей взброс (а и в), надвиг (б), несогласно падающий взброс (г)

ным); ведь части единого дизъюнктива имеют и крутое, и пологое падение сместителя. Мне кажется, однако, что было бы неосторожно забывать в данном примере, что речь идет о системе дизъюнктивов, в которой отчетливо отличают главное от второстепенного. В таких случаях классифицируют дизъюнктив по его главной, а не второстепенной части.

У пологопадающих дизъюнктивов (надвигов) ветви могут изменить не только угол, но и направление падения. В результате, если по главному сместителю мы имеем обратный надвиг, то по ветви с обратным падением смещение можно назвать прямым надвигом.



Фиг. 43 б. Надвиги (а), взбросы (а, б, в), сброс (б), дислоцированный сместитель (г)

Важное диагностическое значение имеет направление падения сместителя: в сторону приподнятого или, наоборот, в сторону опущенного крыла (фиг. 43).

По простиранию сместителя различают широтные, меридиональные и прочие дизъюнктивы (вообще дизъюнктивы с таким-то азимутом простирания). Хорошо известны поперечные дизъюнктивы. По направлению относительного смещения среди сдвигов различают правовращающие (по часовой стрелке) и левовращающие. В последнем случае пара сил, давшая сдвиг, действовала против часовой стрелки.

17. Определение разновидностей дизъюнктивов по отношению сместителя к залеганию или структуре расщеченных тел

Распознавание дизъюнктивов по этому признаку обычно не вызывает затруднений. Ведь залегание и строение пересеченных дизъюнктивом тел известны. Классификация по отношению сместителя к залеганию прорезанных им тел не всегда возможна. Например, в крупных однородных гранитных массивах (или в неслоистых массивных карбонатных породах) не удастся установить, как дизъюнктив сечет первичную их структуру.

Бывают и такие преимущественно крупные дизъюнктивы, отношение которых к залеганию и строению вмещающих пород неоднократно меняется. Это происходит в разных частях одного и того же сместителя. Другими словами, по этому признаку один и тот же дизъюнктив является то поперечным, то продольным, то косым, то он согласно, то несогласно падает. Особенно характерна эта изменчивость дизъюнктива при переходе его из одного крыла складки в другое. Подобное же бывает, когда из одной геологической формации дизъюнктив идет в другую (особенно резко дискордантную). Конечно, дизъюнктивы в подобных случаях нельзя назвать каким-либо одним термином, если учитывать его изменчивое отношение к структуре. Некоторые на этом основании полагали бы, что такие термины, как согласный или несогласный взброс, излишни.

С этим, однако, едва ли можно согласиться. Во-первых, потому, что наряду со сложными формами имеются простые дизъюнктивы. У этих же форм отношение к залеганию или строению вмещающих пород остается постоянным на всем их протяжении. Таковы все послонные дизъюнктивы. Во-вторых, хотя отношение дизъюнктива к слоям меняется, но оно может оставаться неизменным по отношению ко всей складке в целом. Так, продольный взброс местами, в замке складки, пересекает слои косо или даже поперек. Однако по отношению к простиранию оси или складки он остается продольным.

В-третьих, то же замечание следует развить и далее: дизъюнктив, секущий косо складку, может оставаться поперечным (или продольным) по отношению ко всей складчатой зоне. То же можно сказать об отношении его к региональной сланцеватости.

Разумеется, у крупных дизъюнктивов отношение к залеганию или строению рассеченных тел меняется. Это — сложные дизъюнктивы. Но это не избавляет нас от описания их разнообразных, меняющихся от места к месту отношений к строению земной коры. Наоборот, сами эти более или менее резкие изменения становятся их характерными чертами. Так, крупный дизъюнктив может рассекать многоэтажную постройку из ряда геологических формаций. При этом отношение к ним весьма меняется. Тем самым он получает облик, резко отличающий его от внутриформационных дизъюнктивов.

В земной коре структур и границ много. Мы можем характеризовать дизъюнктив как поперечный, или косой, или продольный, или согласно- или несогласнопадающий. Однако надо говорить, по отношению к чему дается эта характеристика: к слоистости, к сланцеватости, к магматическому, несогласному или дизъюнктивному контакту, к гнейсовой текстуре, к складке, к дизъюнктиву, к дайке и т. д.

Если сместитель вертикален (или горизонтален), дизъюнктив нельзя назвать согласнопадающим. Это предельные случаи, имеющие свой смысл. То же следует сказать о любых дизъюнктивах, секущих горизонтальные и вертикальные тела и поверхности.

18. Определение дизъюнктива по общему характеру геологического строения

При известных условиях тип дизъюнктива выясняется по общему характеру тектоники. Так, например, в столовой стране с горизонтальным залеганием на обширных пространствах третичных отложений исключаются пликатогенные однофазные третичные дизъюнктивы. Разумеется, последние есть дизъюнктивы, возникшие в складчатой зоне вместе со складками или под влиянием их развития, а не в связи с другими платформенными деформациями. Для этой платформенной обстановки, напротив, характерны дизъюнктивы растяжения — сбросы, разломы, раздвиги и т. п., с которыми могут быть связаны характерные излияния плато-базальтов и т. п.

Конечно, во время фазы складчатости на платформе могут возникнуть и тангенциальные дизъюнктивы под влиянием сжатия. Это сжатие распространяется и на платформу, на соседние со складчатой зоной части. Но если это влияние слабо, то отложения на больших площадях сохраняют первичное залегание. В таких условиях нет значительной причины, порождающей новые тангенциальные дизъюнктивы. Разумеется, и такие отложения могут быть рассечены взбросом и надвигом; однако эти дизъюнктивы скорее развиваются из фундамента платформы, т. е. они существовали в ней ранее и являются, по крайней мере, двухфазными. Но здесь задача ограничивается рассмотрением лишь однофазных дизъюнктивов.

Итак, при определении дизъюнктивов мы пользуемся методами региональной геологии. При этом не лишне прежде всего ответить на вопрос, является ли дизъюнктив платформенным или его геологическая позиция — в геосинклинальной складчатой зоне. Дизъюнктив может относиться к переходной (например, сибиретипной) зоне. Ответить на этот вопрос легко. Но труднее выяснить такие черты дизъюнктива, которые обусловлены его геологической позицией. В этом отношении нам предстоит еще немалый и нелегкий путь сбора и обобщения фактического материала.

Чтобы обеспечить эти пути будущих исследований, следует несколько подробнее рассмотреть поставленный выше вопрос, что и делается в следующем параграфе.

19. Геологическая позиция дизъюнктивов по критериям региональной геологии

Всем известно, насколько характерны чешуйчатые взбросы для ЮЗ и СЗ окраин Кузбасса. Столь же характерны шарьяжи и надвиги для некоторых зон, переходных от геосинклинально-складчатых поясов к платформам.

Нередко проявляется закономерная веерообразная складчатость. Также закономерно в ней расположены взбросы и надвиги.

Весьма характерна глыбовая структура регионов сибиретипного строения. В настоящее время выделяется несколько разновидностей сибиретипного строения: казахстанская (с 3 различными простираниями региональных дизъюнктивов и идущих вдоль них цепочек плутонов), горношорская, кузбасская (в зоне преобладающего опускания), прииртышская (с поперечными к Иртышу горстами и грабенами), забайкальская (на архейском фундаменте). Каждая из этих разновидностей характеризуется своими особенностями дизъюнктивов; эти закономерные особенности улавливаются на больших пространствах, регионально. Очень характерны дизъюнктивы, связанные с саксонской и сибиретипной структурой. Напомним также огромные Восточно-Африканские платформенные разломы, прослеженные на больших пространствах.

Таким образом, для тех или иных регионов мы можем установить диагностические признаки нескольких характерных систем дизъюнктивов. По ним мы можем узнавать эти дизъюнктивы.

Особенно характерны такие системы дизъюнктивов: чешуйчатые надвиги, взбросы, блаты, радиальные и концентрические сбросы и др. Для подобных систем мы можем установить тот или иной структурный шаг. Это позволяет более уверенно узнавать повторяющиеся закономерно элементы каждой региональной системы дизъюнктивов.

20. Связь дизъюнктивов с пликативной и трещинной структурой

Качественная характеристика дизъюнктивов, несомненно, меняется в зависимости от того, в какой связи они находятся со складками (и с какой именно складчатой структурой и с другими пластическими деформациями), а также с тектонической трещиноватостью и системами дизъюнктивов. Дизъюнктивы являются лишь элементом всего тектонического узора. Они закономерно связаны с другими его элементами, в частности, с пликативной структурой. Поэтому не следует забывать об этой тесной, неразрывной генетической связи их со складчатой структурой.

Классическим примером подобной связи является прежде всего складка-взброс. В этой структуре опрокинутая складка возникает одновременно и в силу тех же причин, в тех же условиях, как и секущий ее опрокинутое крыло взброс.

Могут быть и иные соотношения. Так, дизъюнктив, особенно с пологим сместителем, позже деформируется складчатостью. По нему могут проходить новые подвижки вместе с новыми фазами складчатости. Могут быть дизъюнктивы, образовавшиеся позже данной складки, например, поперечные к ней взбросы и надвиги. Такие дизъюнктивы свидетельствуют о новой, более поздней фазе тектогенеза, способной создать такой дизъюнктив, как взброс или надвиг. Таким образом, мы устанавливаем связь дизъюнктива с данной фазой складчатости. При этом мы можем с помощью конкретного исследования со складчатостью определить его синхронность с нею, или, напротив, более ранний или более поздний возраст.

Столь же тесно связаны с возникновением и развитием складок и другие пликативные дизъюнктивы. К ним относятся послонные, вызванные скольжением сминаемых толщ вдоль первичных, стратиграфических контактов во время складчатости. Напротив, имеется другая группа дизъюнктивов, возникающих вне складчатых зон, вне связи со складчатостью; они рождаются в обстановке расширения или растяжения; в этих условиях одно-

временно возникают разломы или раздвиги различного простирания.

Что касается связи с тектонической трещиноватостью, то она у дизъюнктивов тоже может быть различной. Дизъюнктивы могут создавать локальные зоны трещиноватости вдоль сместителя. Но такая зона может существовать и до смещения, которое позже возникает по ней, как по ослабленному звену. Таким образом, закономерности пространственной ориентировки систем трещин могут быть унаследованы при возникновении вдоль них дизъюнктивов.

Мы можем выяснить генетические связи дизъюнктивов с пликативной структурой и тектонической трещиноватостью. Таким образом, мы освещаем их генезис и поэтому можем глубже понять и полнее дать их качественную характеристику. Связи эти весьма многообразны и сложны. Нет возможности дать поэтому какой-либо простой или шаблонный прием их изучения. Методы исследования их должны варьировать в зависимости от конкретных геологических условий.

21. Часть какой системы дизъюнктивов составляет данное смещение?

Как пример отмеченного только что конкретного исследования, должны быть поиски ответа на этот вопрос. Значит, прежде всего, при качественной диагностике дизъюнктивов необходимо выделять дизъюнктивы одиночки от дизъюнктивов, образующих целые однородные системы дизъюнктивов. Среди этих систем известны чешуйчатые взбросы, ступенчатые сбросы, чешуйчатые сдвиги, или блаты, многоэтажные шарьяжи, радиальные, концентрические, кулисообразные системы и т. п. Есть и их генетические ассоциации (например, дизъюнктив вместе с апофизными или опережающими его мелкими дизъюнктивами; другие ассоциации сопряженных или, наоборот, пересекающихся дизъюнктивов; системы дизъюнктивов блоковой структуры).

Иногда удается установить, что определяемый дизъюнктив является одним из звеньев целой цепи или ряда ему подобных. Это создает весьма благоприятную обста-

новку для его распознавания и характеристики; ведь общие качества системы свойственны каждому ее элементу. На этом положении основан и научно обоснованный прогноз, о котором упомянуто на последних страницах этой главы.

22. Качественное определение дизъюнктива в целом

Далее, при качественном определении дизъюнктивов нельзя ограничивать свое поле зрения частью, деталью дизъюнктива. Нужно брать его в целом. Это общее требование диалектики может предупредить от ошибки, когда свойства этой детали распространяются на целое. Например, несогласный сброс может быть лишь деталью согласного взброса — деталью, секущей дополнительную складку. По другой причине, из-за местного изгиба сместителя, могут появиться взаимоотношения, характерные, например, для сброса. Но дизъюнктив в целом является согласным взбросом. Если же свойства целого нам пока неизвестны, не следует забывать об этом. Не надо предрешать задачу. Ведь эта задача — уравнение с несколькими неизвестными, допускающее не одно, а два или более решений.

23. Определение условий глубинности дизъюнктива

На какой глубине возник данный дизъюнктив? Как решать подобные вопросы?

Эти вопросы в тектонике до сих пор почти не ставились и не решались. Между тем развитие методики в этом направлении, надо думать, будет интересным. Несомненно, оно связано с учением о геологических формациях. Ведь бывают дизъюнктивы, секущие многоэтажную постройку из нескольких геологических формаций, разделенных фазами складчатости. Такие дизъюнктивы почти всегда являются многофазными. Поэтому к методике изучения дизъюнктивов мы вернемся, когда речь пойдет о многофазных дизъюнктивах.

Мы можем сравнивать одновременные однофазные дизъюнктивы в разных по глубине этажах. Мы можем характеризовать изменение одного и того же дизъюнктива, лежащего в одной геологической формации, в зависимости от его глубины. При этом мы можем встре-

таться со следующей закономерностью (при одинаковом петрографическом составе, например, в глинистых сланцах). Угол падения тангенциальных дизъюнктивов в верхней хрупкой части сланцев, видимо, не превышает 45° . Но на значительных глубинах при высокой температуре и большом давлении он увеличивается и может достигнуть 90° . Другими словами, если эта закономерность верна, верхний хрупкий этаж земной коры является родиной надвигов. В более глубоком этаже те же сланцы выше нагреты, находятся под большим давлением; они стали пластичнее. В этом этаже — родина взбросов.

Конечно, если отмеченная только что закономерность верна, ее не следует понимать упрощенно. Если надвиги не возникают на больших глубинах, они могут попасть туда в результате крупного погружения. Так бывает после погребения под мощными геосинклинальными отложениями.

С другой стороны, конечно, родина крутопадающих взбросов — большие глубины. Но они могут наблюдаться после длительной денудации и в верхнем, хрупком этаже земной коры. Они могут быть там на одном уровне с позже возникшими надвигами. Таким образом, в данном районе надвиги и взбросы могут лежать на одном и том же уровне. Это представляет собою интереснейший факт, освещающий ход тектонического развития и заслуживающий конкретного исследования. Такое сочетание, между прочим, наблюдается местами в Кузбассе.

Конечно, почти горизонтальные дизъюнктивы залегают на узком интервале глубины и, наоборот, на большом интервале — крутопадающие дизъюнктивы. И в том, и в другом случае мы можем решать вопрос о глубине, на какой возник дизъюнктив. Это следует делать не качественно или грубо приближенно, а более или менее точно, количественно. Это определяется по известной нам мощности свиты или геологической формации. Другими словами, вопрос решается по «стратиграфическому» положению дизъюнктива определенного возраста.

Итак, здесь выдвигается способ распознавания одного из важнейших условий возникновения (а затем и развития) дизъюнктивов. Речь идет именно об их глубине.

Исследование этого вопроса на современном уровне науки обычно невозможно без широко понятного учения о геологических формациях.

Итак, при качественной характеристике дизъюнктива для нас небезразлично, к какому структурному этажу земной коры своеобразного строения (или к какой формации) он относится. Могут быть внутриэтажные или внутриформационные дизъюнктивы. Но бывают смещения, секущие целый ряд вертикальных зон различного тектонического строения. В зависимости от этого меняется и фация глубинности, к которой относится дизъюнктив.

24. Историческое место дизъюнктива

Какова фаза тектонического развития, с которой связан данный однофазный дизъюнктив? Какой фазой тектогенеза он порожден? Первым шагом при решении этого вопроса является определение возраста или времени возникновения однофазного дизъюнктива. Соответствующая методика является довольно сложной и заслуживает дополнительной разработки. Полное изложение этой методики не входит в программу данной работы. Но отметим, что нижний предел возраста однофазного дизъюнктива определяется по наиболее молодой горной породе, рассеченной дизъюнктивом; верхний же предел определяется возрастом наиболее древних отложений, несогласно перекрывших тот же однофазный дизъюнктив. Если же это смещение — многофазное, вопрос о возрасте его гораздо сложнее. Хорошим примером дизъюнктивов с ясным верхним пределом возраста являются небольшие **погребенные** дизъюнктивы (надвиги) Кузбасса в районе Осинников. Там есть ряд «слепых» дизъюнктивов, секущих пермь и перекрытых несогласно лежащей юрой. Они установлены буровыми работами.

Возраст однофазных разломов или раздвигов, сопровождающихся одновременным внедрением магмы, определяется по возрасту соответствующих магматических пород.

Установление возраста дизъюнктива позволяет сказать, с какой фазой тектогенеза, в частности, с какой

фазой складчатости он связан. Таких фаз в настоящее время установлено очень много; поэтому решение данного вопроса достаточно сложно. Далеко не всегда однофазный дизъюнктив является вместе с тем и очень молодым. Древние однофазные дизъюнктивы могут возникнуть и в далеком геологическом прошлом. Это бывает, во-первых, в последнюю фазу тектогенеза перед образованием на месте складчатой зоны платформы. Во-вторых, по древнему дизъюнктиву, возникшему в одну фазу, в последующие фазы может не возникнуть смещений оттого, что он скрепляется секущими его дайками и превращается в шов. Ту же роль на месте дизъюнктивов играют плутоны, которые, как природные заклепки, могут воспрепятствовать новым подвижкам даже по региональным дизъюнктивам. Примером этого является, видимо, влияние Верхне-Кондомского плутона Горной Шерии. Мелкие дизъюнктивы могут быть «залечены» гидротермами.

Обычно фазы тектогенеза какого-либо цикла сменяют друг друга в ходе исторического развития и образуют целую цепь событий. В таком случае дизъюнктив, связанный лишь с одной определенной фазой, в этой цепи может иметь свое историческое место (в начале или в конце цепи, или где-то в промежутке). В зависимости от этого может меняться его качественная характеристика или величина.

Кроме того, очень резко меняется тип дизъюнктива оттого, связан ли он с фазой сжатия или растяжения. Возник ли он в обстановке сжатия (порожден сжатием) или, наоборот, в условиях растяжения?

25. Связь дизъюнктивов с фазами сжатия или растяжения

Как известно, с фазой сжатия или складчатости связаны дизъюнктивы, довольно резко отличающиеся от других, возникших в обстановке фазы растяжения или расширения. Дизъюнктивы, порожденные складчатостью, называют пликатогенными. Таковы взбросы, составляющие элемент складки—взброса, и все другие взбросы, сдвиги, надвиги и шарьяжи, возникающие в процессе развития складчатых зон. Напротив, сбросы и раздвиги (или все дизъюнктивы, образование которых означает

увеличение площади земной коры или ее растяжение) возникают, как правило, вне связи с развитием складчатых зон.

Конечно, как свет и тень связаны меж собою, так и сжатие в одном направлении неразрывно связано с удлинением в другом направлении. При известной интенсивности растяжения упругая деформация переходит в пластическую, а по достижении ее предела — в разрыв. Так, вместе с пликатогенными продольными дизъюнктивами могут образоваться (в зонах тектонического течения и развальцовки) местные поперечные дизъюнктивы растяжения или фазы сжатия. Таковы разрывы (фиг. 27). Среди микроскопических смещений это — рубцовые трещины зон расланцовки. Однако едва ли эти дизъюнктивы растяжения, порожденные сжатием, можно объединить в одну генетическую группу с огромными разломами, порождающими крупное увеличение площади земной коры и секущими горизонтально лежащие толщи. Таковы разломы, возникающие не в складчатой зоне, а на платформе, например, Восточно-Африканские разломы, по которым образуются значительной мощности изверженные тела.

Относится ли дизъюнктив к фазе сжатия или к фазе растяжения, решить нелегко. Так, и на платформе во время складчатости могут возникнуть дизъюнктивы сжатия (надвиги или взбросы, выходящие из фундамента платформы), срезающие горизонтальные отложения. Таким образом, в ряде случаев данный трудный вопрос требует серьезного, конкретного исследования и решается, как правило, на высокой ступени изученности дизъюнктивов.

Основным критерием при этом является генетическая связь со складчатостью или, наоборот, с вулканизмом определенного типа. Так, бесспорно устанавливается связь взбросов с развитием опрокинутых складок, если они секут обращенные крылья этих складок. При этом они идут параллельно их осевым зонам и региональной сланцеватости.

Напротив, есть районы, например, Саралинский в Западной Сибири, где ярко проявилось расширение земной коры. Там есть участки, в которых до 30—60% весьма значительной площади занято габбродиабазо-

выми, порфиристыми и другими дайками. Так проявилась сеть разломов, заполненная некогда магмой с образованием этих даек. Интересно, что это расширение земной коры в Саралинском районе, измеренное вкрест простирания даек, достигает крупной цифры—в несколько километров, если не более. В данном примере расширение имело рассеянный характер. В случае же внедрения гипербазитовой магмы расширение проявляется концентрированно. Ассимиляция ничтожна. В других подобных случаях при внедрении акмолитов расширение тоже имеет концентрированный характер. Оно измеряется километрами, а местами превышает 10 км.

26. Является ли дизъюнктив внутрiformационным?

Для полноты характеристики дизъюнктивов отвечают и на этот вопрос. В зависимости от величины дизъюнктив то сечет лишь один минерал или один слой, пачку, свиту или же целую геологическую формацию и даже группу формаций. Даже крупные дизъюнктивы могут быть внутрiformационными, если они идут послойно или почти послойно. То же получается, если они не секут все крупное тело или целую геологическую формацию.

Дизъюнктивы, не выходящие за пределы слоя, пачки, свиты или геологической формации, имеет смысл рассматривать в связи с их саморазвитием, т. е. как порожденные местными причинами. Такими причинами являются напряжения, действовавшие в пределах слоя, пачки, свиты или целой формации. Альтернативой этой точке зрения является другое предположение, что напряжения возникли где-то вне этих пределов и переданы по земной коре издалека. Последнее справедливо по отношению к дизъюнктивам, возникающим и развивающимся под влиянием пришедших со стороны сейсмических волн. Что же касается пликатогенных дизъюнктивов, то едва ли правильно считать порождающие их напряжения чуждыми, пришедшими извне. Эту мысль следует отбросить, если рассматривать складчатую зону и ее тектоническую жизнь в неразрывной связи: в ней самой надо искать источник ее энергии и движения.

27. Каков порядок величины дизъюнктива?

Следует затем различать дизъюнктивы разного масштаба. От микродизъюнктива, секущего лишь один кристалл (например, фенокрист плагиоклаза) или отличающегося от трещин лишь мельчайшими смещениями, до дизъюнктива длиной в тысячи километров расположен целый спектр дизъюнктивов. В этом спектре можно видеть полную непрерывность. Но мы даже при условии постепенного количественного изменения длины световой волны различаем качественные переходы от одного цвета к другому. Почему же в случае дизъюнктивов мы должны отказываться от решения такой задачи: выяснить качественное своеобразие дизъюнктивов в сотни и тысячи километров сравнительно с дизъюнктивами в метры, десятки и сотни метров, а тем более в сотые и десятые доли миллиметра. Несомненно, дизъюнктивы внутри одного кристалла это одно, а дизъюнктивы, секущие геологическую формацию, это — другое. Тут есть существенные отличия, притом не только количественного характера. Поясним эту мысль хотя бы в двух словах; бесчисленные «рассеянные» микродизъюнктивы по спайности кальцита, порождающие «двойники скольжения», есть не что иное, как одно из условий складчатости мраморов. Такую роль не могут играть редкие, единичные, огромные региональные дизъюнктивы длиной в сотни километров. В зонах смятия и смещения вдоль последних могут помещаться целые плутоны, а что является содержанием сместителей микродизъюнктивов?

Итак, хотя количественная характеристика дизъюнктивов впереди, но мы и здесь, говоря о качественной характеристике дизъюнктивов, не может не отметить многоступенности дизъюнктивов; значительные количественные различия могут привести к качественным различиям.

Будем иметь в виду эту многоступенность. Ведь различаем же мы складки разных порядков от син- и антиклинориев до плейчатости и струйчатости. Подобно этому нам следует различать и дизъюнктивы разных порядков: с амплитудой в доли миллиметров, в миллиметры и сантиметры и так далее до сотен метров

и километров. Может быть этот порядок амплитуды удобно обозначать так: 10^n см, где n может меняться от -2 до $+5$. Конечно, такое выделение дизъюнктивов является лишь грубым приближением. В действительности же, в этом непрерывном ряду в каждом районе появятся перерывы или хотя бы узлы сгущения и разрежения (по большей или меньшей встречаемости).

28. Каков состав дизъюнктива?

Хорошо помнить, что дизъюнктив не только («разрывное») смещение. Это — сложное, богатое содержанием геологическое явление. Поэтому не следует сводить это понятие только к геометрии и к механическому перемещению. В природе вещественный состав и структура неразделимы. Мы говорим, что гранитный плутон или геологическая формация имеют такое-то тектоническое строение. Но разве не следует отсюда, что мы должны говорить, что данный дизъюнктив имеет такой-то состав? И не только потому, что дизъюнктив породил милонит, тектонобрекчию или сланец. Но также и потому, что он сечет именно такие-то пласты угля, такую-то руду, такую-то породу. Мы можем иметь чешуйчатую серию параллельных дизъюнктивов одного типа, одного простирания, одного угла и направления падения. Среди них есть такие, которые отличаются по составу пересеченных ими пород. Это — дизъюнктивы, существенно отличающиеся друг от друга. Притом это различие подчас может иметь крупное практическое значение; например, есть дизъюнктивы, секущие угленосную или же безугольную свиту. Мы не будем спорить, если нам скажут, что это различия (с точки зрения тектоники) не видов, а индивидов. Все же эти различия — качественные. Поэтому нам нужно выделять индивиды в мире дизъюнктивов. Мы можем обозначать их номерами и буквами (например, взброс В в Кузбассе). Некоторые называют дизъюнктив собственным именем. Это следует делать, хотя бы для удовлетворения запросов практики.

Конечно, многие дизъюнктивы представляют сложное геологическое явление. Поэтому при описании их хорошо давать всестороннюю их характеристику. Мы

должны изучать те явления, которые пространственно, а тем более генетически неразрывно с ними связаны, хотя не имеют природы механических процессов.

Допустим, мы имеем систему параллельных (по простиранию и падению) однородных дизъюнктивов или даже дизъюнктивов одного вида. Такие дизъюнктивы отличаются друг от друга лишь индивидуальными особенностями. Как известно, индивидуальные отличия могут быть не только количественными, но и качественными. Среди качественных индивидуальных отличий данного дизъюнктива мы можем обнаружить разницу в составе рассеченных им горных пород, минералов и полезных ископаемых.

Этот состав и есть то, что следует называть вещественным или стратиграфическим составом дизъюнктива. Кроме того, имеется в виду состав зоны смещения (милониты и проч.), который создается или преобразуется дизъюнктивом.

Стоит ли вводить такую характеристику дизъюнктива? Несомненно. В этом есть определенный смысл. Но прежде чем оттенить этот смысл, заметим, что в понятии «состав дизъюнктива» нет, на наш взгляд, чего-либо особенного, нового или эксцентричного. Ведь говорим же мы о составе форм рельефа, подчеркивая этим невозможность отдельного существования их от этого состава. А элементы строения земной коры не менее тесно связаны с ее веществом, нежели формы рельефа. Только мы привыкли говорить о тектонике свиты или плутона, а не о составе данной складки или дизъюнктива.

Почему при качественной характеристике дизъюнктива желательно, возможно, а иногда и необходимо отвечать на вопрос, каков его состав?

Во-первых, причиной является наличие (в составе зоны смещения) горных пород, порожденных или глубоко преобразованных дизъюнктивом. Эти породы неразрывно связаны по своему составу именно с данным дизъюнктивом. Достаточно напомнить, что по составу милонитов, на основании спектрального анализа и т. п., можно определить направление смещения.

Во-вторых, причина в том, что, с практической точки зрения, важно различать рудовмещающие дизъюнктивы по составу руд друг от друга и от нерудоносных структур.

Важно также их различать по наличию нефти, газа, по инъекциям соли, по наличию радиоактивных и др. источников.

В-третьих, далеко не безразлично, с той же точки зрения, сечет ли данный дизъюнктив угленосную или безугольную свиту, другими словами, важно, есть или нет в составе его крыльев пласты угля.

В-четвертых, от состава дизъюнктива, от того, чем сложен в том или ином месте его висячий или лежащий бок, зависит, где именно дизъюнктив является экранирующим. Разумеется, это зависит также от состава рудоносных растворов, избирательно осаждающих руду в благоприятных условиях.

В-пятых, поведение, как и характер дизъюнктива, зависит в некоторой мере от типа пересеченных геологических формаций, свит, магматических тел, разных горных пород, руд, угля и прочее. В рыхлых отложениях и в серпентинитовых массивах дизъюнктивы проявляются по-разному: в послойных смещениях вдоль пласта угля и в каменной соли, как известно, особенности дизъюнктивов тоже заметно меняются. Разумеется, эта зависимость от состава еще недостаточно изучена. Она не безусловна. Все же ясно, что состав дизъюнктива нередко существенно сказывается на его хотя бы индивидуальном облике; в практике поисковых, разведочных и эксплуатационных работ с ним приходится считаться. Ведь мы давно уже учитываем при поисках, является ли дизъюнктив киновареносным или содержащим по сместителю кварцевую золоторудную жилу. Разве не ясно всем геологам, что нужна характеристика состава дизъюнктивов? Ведь это удовлетворяет требованию исследовать структуру земной коры не абстрактно, чисто геометрически, а в связи с ее вещественным составом.

Как исследовать состав дизъюнктива, едва ли требует пояснений. Ведь ясно, состав секущих толщ дизъюнктивов хорошо определяется по детально изученной стратиграфической колонке. Затем укажем на методы глубинной геологии, основанные на «вестниках глубин». Это методы изучения вещества, доставленного восходящими растворами, порциями магмы и дизъюнктивами.

Следует отдельно характеризовать состав висячего и лежачего крыльев дизъюнктива и сравнивать его с составом зоны дизъюнктивного смещения. Надо изучать состав зоны локальной трещиноватости или милонитизации и минерализации вдоль дизъюнктива. Можно различать параллельные дизъюнктивы по таким индивидуальным признакам, как состав магматических жил и осадочных даек, образовавшихся вдоль дизъюнктивов. У региональных дизъюнктивов мы можем изучить состав порожденных ими фангломератов, осадочных брекчий подножий гор и других пород орогенной фации.

29. Является ли смещение эндогенным или экзогенным?

В динамической геологии принято делить геологические процессы на внешние и внутренние в зависимости от источника энергии — солнечной или земной. Это деление несколько условно. Абсолютной грани тут нет: уловленная малым зеленым листком лучистая энергия солнца становится земной в пластах каменного угля.

Дизъюнктивы порождаются тектоническими процессами. Это эндогенные структуры. Но все ли? Ведь есть оползневые сбросы — типичные экзогенные процессы, возникающие, в частности, под влиянием бокового размыва неустойчивых берегов. Если сброс — частная форма дизъюнктивов, то последние, включая некоторые оползневые сбросы, являются отчасти экзогенными.

Однако некоторые предлагают считать дизъюнктивные дислокации только эндогенными. Они исключают экзодислокации из числа дизъюнктивов и предлагают называть их иначе. Как лучше их назвать, предоставляем решить будущему, нашим геологам.

Мы не касаемся здесь методики распознавания экзодислокаций в отличие от тектонических. Ведь узнать оползневые, мерзлотные и ледниковые структуры, с которыми главным образом связаны наиболее распространенные экзодислокации, можно, основываясь на сведениях из общей или динамической геологии.

30. Проявляются ли дизъюнктивы в рассеянной или сгущенной форме?

Ответ на этот вопрос дает еще одну характеристику дизъюнктива, если он является не единичным, а входит в состав целой системы смещений. Бывают регионы, где возможно установить более или менее равномерное распределение дизъюнктивов в пространстве. Это наблюдается, в частности, в мире микродизъюнктивов. Так, их много бывает по спайности кальцита в давленном мраморе или (на другой ступени) по отдельности серпентинитов и т. п.

В случае неравномерного распределения дизъюнктивов, они могут давать сгущенные зоны с переменным или более или менее постоянным расстоянием между дизъюнктивами данной зоны. Так бывает у чешуйчатых взбросов, ступенчатых сбросов, блаттов. Как это расстояние, так и степень сгущения зависят от геологических условий. Эти признаки характеризуют дизъюнктивы разных порядков (или разных ступеней). При этом разные дизъюнктивы характеризуются различными параметрами. В частности, чем крупнее дизъюнктивы, тем более разреженную сеть они образуют. А расстояние между ними (тектонический шаг), как правило, становится все крупнее.

31. Изучение связи дизъюнктивов с вулканизмом, сейсмическими процессами, диагенезом и метаморфизмом

В зависимости от характера этой связи меняются заметно и свойства дизъюнктивов. Так, есть дизъюнктивы, которые возникают в жерле или конусе вулкана в прямой связи с его «жизнью». О них следовало бы говорить как о вулканогенных дизъюнктивах (или о вулканических формах дизъюнктива). Их следует отличать от других, когда магма использует готовый дизъюнктив, ранее образовавшийся без влияния магмы и бризантного действия вулканических газов. И те, и другие получают свою особую качественную характеристику (или свои диагностические признаки) от связанных с ними процессов вулканизма. Но не всякий дизъюнктив был

связан с магматическими процессами в своем возникновении и развитии.

Допустим, такая связь установлена. Тем самым дизъюнктив отнесен к группе структур, порожденных процессами вулканизма и тесно связанных с вулканизмом. В таком случае возникает задача качественной характеристики их. Устанавливается связь с глубинным или поверхностным вулканизмом.

Связь дизъюнктивов с интрузией можно понимать широко. При этом можно считать всякую поверхность, по которой наблюдается относительное смещение магмы и вмещающих пород, как сместитель без трещины. Само смещение можно представить себе как тектоническое движение, даже если контакт создается дискордантной интрузией (главным образом растворением или расплавлением). Такая точка зрения не исключается и при узком понимании тектонических процессов: магматические массы могут перемещаться во время складчатости под влиянием тектонического движения. При широком же понимании тектонических процессов, как создающих строение земной коры, в них входят, как один из важных элементов, процессы внедрения магмы при любом механизме внедрения.

Внедрение магмы может происходить механически, путем раздвигания стенок трещин и других контактов. В этом случае осуществляется непосредственная связь дизъюнктива с процессом вулканизма. Получается характернейший тип его — тип раздвиг. Среди подобных смещений различают: разломы, отдвиги или отрывы разного типа, конические «подбросы», сбросы у конических даек и др.

Местами крутые стенки трещин разобщаются движением почти в горизонтальном направлении. Такие смещения мы предлагаем называть раздвигами, в частном же случае, когда они сопровождаются внедрением магмы, их можно называть разломами. Если же контакты (например, висячий и лежащий бока) разобщаются при внедрении магмы в горизонтальную толщу, смещения слоев и других тел идут почти по вертикали. Такие смещения можно выделить под названием отдвигов (в частности, отрывов, например, при образовании лакколита, когда набухающая магма отрывает от пло-

ского фундамента лакколита и поднимает вверх, плавно изгибая, вышележащие над ними слои). При образовании лакколита отрыв сопровождается большой пластической деформацией. Это — сложная форма. По сочетанию пластической и дизъюнктивной дислокации она подобна складке-взбросу.

Возникновение отдвигов идет вместе с образованием горизонтальных силлов, плоских чашеобразных лополитов; также развиваются другие почти горизонтальные тела и горизонтальные дайки. Особую разновидность представляет движение вмещающих магму пород при образовании бисмалита, так как его кровля приподнимается магмой по цилиндрическому сместителю («подбросу»).

Кроме послонных и интерформационных раздвигов, отдвигов можно выделить и другие раздвиги, они связаны с образованием интрузивных тел по секущим слои трещинам или ранее существовавшим дизъюнктивам. Особенно широко этот процесс идет при возникновении даек и удлиненных плутонов вдоль региональных разломов.

Весьма своеобразный процесс (отрыв) происходит, когда во время интрузии отрываются и тонут в магме или уносятся ею крупные и мелкие ксенолиты.

В жерловой фации вулканов и в субвулканах, а также в самой вулканической постройке возникают своеобразные вулканогенные дизъюнктивы. Их факторы — разнообразны: изменчивое давление магмы и газов, ударное действие газов при взрыве, температурные изменения объема, действие тяжести.

Отметим прежде всего раздвиги, связанные с коническими и кольцевыми дайками, а также с концентрическими, радиальными и веерными (или секторными) дайками.

Весьма разнообразны жерловые дизъюнктивы, образующиеся в жерле вулкана при оседании или поднятии вулканической брекчии. В связи с этим образуются так называемые кольцевые дайки, которые лучше называть коническими и цилиндрическими дайками.

Среди таких дизъюнктивов можно назвать конические «подбросы» и конические сбросы. Их можно подразделять в зависимости от того, поднималась ли

или тонула вулканическая пробка. Видимый результат движения здесь напоминает разлом (движение поперек поверхности разрыва с заполнением образующейся полости магмой). Но разлом обязан растяжению земной коры и дает увеличение ее площади. Здесь этого нет. Действительное движение здесь — радиальное под острым углом к поверхности разрыва, т. е. типа сброса. В. В. Белоусов предлагал называть такие абсолютные движения вверх взбросами. Но лучше их называть подбросами, так как общепринятый смысл настоящих взбросов — иной. Движение поперек к поверхности разрыва мы можем представить себе или дать его графическую схему; однако это все же воображаемый компонент движения, а не действительное смещение; ведь центр тяжести пробки смещается по вертикали, а не в стороны относительно конического жерла.

Цилиндрические и конические дайки могут быть неполными, без опускания и поднятия жерловой пробки. Они, вероятно, образуются в результате охлаждения и неравномерного сокращения объема. Некоторые конические разломы вверху, видимо, имеют округлую форму поверхности.

Неправильно названные слоями конические «слои» представляют собой заполнения концентрических конических систем. Это, так сказать, конические прерывистые раздвиги, возникающие над неглубоким плутоном или субвулканом. Они ассоциируют с системами радиальных даек и разломов. Такие системы развиваются вокруг одного центра по всем направлениям или же в одном секторе конуса. В последнем случае это веерные системы разломов.

Радиальные разломы и сбросы, в частности, веерные сбросы возникают и в коническом теле центральных вулканов, например, на Камчатке, где они в 1954 г. описаны В. И. Влодавцем. Там они сопровождаются образованием вдоль них рядов или цепочек из воронок взрыва и побочных вулканических конусов. Вместе с радиальными разломами в теле центральных вулканов возникают конические сбросы и разломы (на разной высоте, в частности, по периферии вулкана). Они больше свойственны вулканам, извергающим кислую вязкую лаву. Известны одиночные, более или менее

прямолинейные разломы и сбросы. Они связаны с грабенами (вытянутыми и секторными), в частности, со ступенчатыми грабенами. Есть также системы параллельных разломов, а также системы параллельных и поперечных сбросов. В. И. Влодавец, кроме того, выделяет своеобразные формы — прогибо-сбросы и вулканические расселины. Хорошим термином «вулканическая расселина», мне кажется, следует воспользоваться для обозначения раздвигов вулканического происхождения. Хорошим примером конических разломов-сбросов являются дизъюнктивы, сопровождающие образование кальдер.

Как особый тип сложного (дизъюнктивного, главное — магматического) контакта можно отметить контакт жерловых пробок типа г. Мон-Поле (Лысой). Разумеется, этот контакт не является результатом проплавления: мы имеем здесь вулканический процесс (движение магмы и газов, выбросы). Точно также трубки взрыва или диатермы как будто можно отнести к крайнему типу дизъюнктивов: у них дизъюнктивный или механический контакт есть контакт с продуктами взрыва. Конечно, можно исключить механическое движение магмы из числа тектонических структурообразующих процессов. Но породы жерла, бывшие на месте пробки, нельзя отнести к магме. Их движение можно было бы отнести к тектоническим движениям в широком смысле слова. В. И. Влодавец относит к дизъюнктивам поверхности трубообразных вулканических каналов (одиночных, расположенных рядами и др.). Некоторые из них образованы не взрывом, а действием раскаленных газов.

В сейсмических областях теперь и в геологическом прошлом во время землетрясения вновь возникают сейсмические дизъюнктивы (расколы, сбросы и др.). Другие, ранее существовавшие, продолжают развиваться под влиянием сейсмических толчков.

Мы предлагаем выделять разломы, получающиеся от неравномерного охлаждения высоко нагретых горных пород. Можно выделять также дизъюнктивы, обязанные своим возникновением диагенетическим и метаморфическим процессам. Они образуются от неравномерного изменения объема горных пород. Это сначала трещины

(без смещения вдоль них и перпендикулярно к ним); затем возникают микродизъюнктивы. Они возникают, например, при обуглероживании, при образовании каменного угля, а при метаморфизме в шунгите и графите. Если процесс захватывает большие объемы, то метаморфические разломы могут получить и значительную амплитуду. Их следует считать, как правило, селективными дизъюнктивами, отражающими неравномерное, избирательное изменение объема при метаморфизме.

32. Изучение связи дизъюнктивов с эманациями, в частности, с рудообразующими растворами

Как изучать эту связь, лучше всего познакомиться в учении о полезных ископаемых. Здесь мы лишь отметим, что наличие той или иной связи данного дизъюнктива с теми или иными рудами сообщает ему особо важные и интересные в практическом отношении свойства: такой дизъюнктив является рудоносным (или рудовмещающим). Это — прекрасный тектонический поисковый критерий. Таковы многие киновареносные дизъюнктивы. Значение их возрастает оттого, что материнские магматические тела (источник киновари) скрыты на глубине и не могут поэтому облегчить поиски.

Наличие эманационных, в частности, рудных образований не определяет, конечно, само по себе тип движения по дизъюнктиву. Но оно является одним из важных признаков дизъюнктива. Без них обычно не получается его полной характеристики. Это существенно не только из практических, но и из теоретических соображений: эманационные образования могут характеризовать состав дизъюнктива на глубине, если они извлекли часть принесенного вещества со сместителей; они могут свидетельствовать о гранитном или гипербазитовом составе тел, лежащих по дизъюнктиву. Некоторые дизъюнктивы уходят глубоко, в область очага. В таком случае естественна неразрывная связь с эманациями, в том числе с рудоносными эманациями этого очага. Такие дизъюнктивы обычно имеют ряд стадий минерализации, разделенных тектоническими интерминерализационными подвижками. Эти дизъюнктивы — часто многостадийные или многофазные; о них следует под-

робнее сказать в особом разделе. В нем сжато нужно отметить дизъюнктивы, как элемент строения месторождений полезных ископаемых.

33. Каковы физико-механические условия возникновения дизъюнктива?

Обычно геологи при своих исследованиях не решают таких вопросов по отношению к данному дизъюнктиву, хотя и принимают во внимание общие положения тектоники, основанные на физике (или механике). Эти общие положения в последние годы подверглись советскими геологами значительной экспериментальной и теоретической разработке (например, В. В. Белоусовым, М. В. Гзовским, 1954 г. и др. учениками его школы, А. А. Белицким, 1949). В частности, очень хорошее изложение результатов этих исследований мы имеем в одной монографической работе В. В. Белоусова (1952 г.). К этим работам мы рекомендуем обратиться читателям для подробного знакомства с вопросом. Правда, приходится помнить, что условия разрушения металлов и других материалов при воспроизведении «дизъюнктивов» в лаборатории очень и очень существенно отличаются от действительных условий возникновения дизъюнктивов в земной коре. Эти действительные условия бесконечно сложны и разнообразны. Состав и строение меняются и в пространстве, и в течение огромной длительности геологического времени. Среда, в которой возникают и живут дизъюнктивы, механически (тектонически) анизотропна, неоднородна. Ориентировка элементов тектонической структуры невообразимо изменчива. Диапазон изменений температуры и давления в земной коре крайне широк, и поведение многообразных минералов, горных пород, полезных ископаемых и геологических формаций в этом переменном термодинамическом поле практически во многом неизвестно. Каковы скорости деформации в течение последних 5 миллиардов лет, мы тоже почти вовсе не знаем. Почти совершенно не изучено влияние сейсмических движений на тектонику, а ведь они очень сложны (одновременно в них есть и сжатие, и растяжение, и «сдвиг», и изгиб).

Весьма существенно отличаются физические или механические условия возникновения дизъюнктивов в зависимости от того, имеется ли трещина, развивающаяся затем в сместитель, или ее нет. Реальность дизъюнктивов, унаследующих ранее возникшие тектонические трещины, с теоретической точки зрения не вызывает сомнения. В последнее время такие дизъюнктивы установлены в Кузбассе А. А. Белицким (1949). Доказывать наличие дизъюнктивов, секущих цельные породы, а не по готовым трещинкам, также не приходится: только что отложенные свиты и геологические формации, еще не имеющие тектонической трещиноватости, в первую фазу тектогенеза пересекаются унаследованными дизъюнктивами фундамента не по трещинам.

Именно к этим дизъюнктивам и относится главным образом соображение о физических условиях возникновения дизъюнктивов. Однако тем самым вопрос весьма суживается по сравнению с действительностью: 1) из него исключаются дизъюнктивы в рыхлых и слабо диагенетизированных породах; 2) не рассматриваются дизъюнктивы, возникающие по готовым трещинам или же развивающиеся по уже существующим сместителям. Между тем в зависимости от этих меняющихся условий резко изменяется механизм дизъюнктивов. В самом деле, сместитель дизъюнктива может возникнуть в результате срезания или скалывания; смещение же по нему в следующий момент может пройти совсем иное — типа разлома или раздвига. Таким образом, мы здесь выставляем требование при исследовании механизма дизъюнктивов отличать физический механизм образования сместителя от механизма или механических условий самого дизъюнктивного смещения. Природа их может быть с физической, механической точки зрения совершенно различной. Мало того, у двухфазных или многофазных дизъюнктивов может быть и так: дизъюнктив возник как сдвиг, но очень маленький; после цементации («залечивания») сместителя тот же дизъюнктив развивается как разлом, но гораздо большей амплитуды. Какой же механизм образования дизъюнктива в данном примере мы будем изучать и считать для него характерным?

34. В какой же среде возник и развивался дизъюнктив?

Возможные ответы на этот вопрос таковы: 1) в твердых, 2) в рыхлых недиагенетизированных горных породах, 3) между твердыми горными породами и расплавленной массой магмы. Последний случай весьма своеобразен. Он обычно не рассматривается как дизъюнктивный процесс. Все же есть процессы интрузивного вулканизма, резко изменяющие состав и строение земной коры. Есть и сложные тектонические процессы. Кроме того, скольжение магмы вдоль контакта есть смещение земных масс с разобщением их от горных пород, с которыми они только что соприкасались. А это и есть своеобразный дизъюнктив, означающий механическое смещение с разобщением, с перерывом непрерывности перемещаемых масс. Конечно, данный процесс может быть не связан со складчатостью, с тектоническими процессами в узком смысле слова. Но мы теперь распознаем и эволюционные тектонические движения и структуры, и платформенные тектонические движения и структуры, ими созданные.

Можно считать скольжение магмы вдоль контактов процессом, пограничным с дизъюнктивными дислокациями. Во всяком случае распознавание таких контактов легче всего, так как для этого достаточно установить инъекцию магматического тела.

Подавляющее большинство дизъюнктивов возникает и развивается в твердой земной коре. Но и они, развиваясь, могут в одну из фаз развития расщечь только что отложившуюся свиту или формацию рыхлых отложений. Можно представить себе и такие пликатогенные дизъюнктивы, которые, возникая в первую фазу складчатости, испытанную данной геологической формацией, пересекают ее еще в рыхлом состоянии. Нет необходимости напоминать здесь об экзогенных (гляциальных и оползневых) сбросах. Ведь они хорошо распознаются по связи с ледниковыми и оползневыми отложениями.

Методику распознавания дизъюнктивов в рыхлой толще ради краткости здесь не рассматриваем. Ведь этот вид дизъюнктивов не столь часто встречается в практике геологических исследований. Отметим, что

«соответствующие критерии затронуты Невинном (1931) и Лизсом (1935).

Своеобразны условия возникновения дизъюнктивов в высокопластическом веществе: в ледяной массе, в каменной соли, гипсе, асфальтите и в магме. В этой среде, особенно в магме, они возможны лишь при мгновенных больших напряжениях.

35. Методы комплексной геологической съемки и анализ геологической карты и разрезов

Нужно исследование обнажений горных пород, прилежащих к дизъюнктиву, требуется и анализ геологической карты, а также геологических разрезов вокруг него. Все это приводит к решению вопроса о типе дизъюнктива. Это один из главнейших методов их диагностики, так как он является включающим по возможности все частные примеры. Как показано на фиг. 44 а, с помощью верной карты легко определяется природа поперечного дизъюнктива; в одном случае это сдвиг (так как нет ни поднятия, ни опускания, и поэтому расстояние между крыльями складки не изменилось), а в другом—это взброс (так как южное крыло двигалось вверх по восстанию крутопадающего сместителя, и поэтому антиклиналь срезана денудацией глубже там, где расстояние между крыльями ее больше).

Приведем другой пример анализа геологической карты для распознавания дизъюнктива. Если рельеф гористый, а выход сместителя на такую поверхность — извилистый, то это является довольно надежным признаком надвига или шарьяжа, так как для них характерно пологое и подчас волнистое залегание сместителя. А именно при таком залегании дизъюнктива получается извилистость его выхода на геологической карте гористого района.

Отметим самое важное при исследовании обнаженных дизъюнктивов. Это элементы их залегания; это затем характер поверхностей или зон смещения, особенно если они минерализованы и оруденели; наконец, это — состав и строение смещенных пород. При этом

учитывается все, что выше сказано о методах распознавания дизъюнктива, а также и ниже в IV и V главах.

Допустим, дизъюнктив установлен, другими словами, доказан дизъюнктивный характер контакта. В таком случае возникает задача проследить его в природе и нанести на геологическую карту. Это задача геологического картирования, а также задача поисков полезных ископаемых, которые могут быть связаны с дизъюнктивами.

Эти задачи рассматриваются в учебных пособиях по методике геологической съемки и поисков. Поэтому мы здесь их не рассматриваем.

При определении типа дизъюнктива картирование уже определенного типа дизъюнктива очень ценно. Оно позволяет распространить это определение на все его протяжение. Далее, оно позволяет проверить определение; ведь картирование вскрывает новые факты и взаимоотношения геологических образований. Именно ради достижения последней цели, а также ради поисков маршруты вдоль дизъюнктивов делаются тщательно: фиксируется все, что можно видеть и вдоль сместителя, и рядом — в лежащем и висячем крыльях; именно поэтому нужно картирование дизъюнктивов продольными по отношению к нему маршрутами; выполняется оно наиболее знающими и опытными работниками и сопровождается поисковыми работами.

Итак, для распознавания дизъюнктивов используется анализ геологической карты и разрезов. Степень достоверности этого анализа зависит прежде всего от точности этой геологической графики. Чтобы повысить точность ее, хорошо составлять геологические разрезы в поле. При этом используются маршруты, заданные специально по линии разреза, особенно там, где лежат решающие для диагноза структуры. То же касается и пограничных участков геологической карты, где делаются поперечные, контрольные дополнительные исследования.

Анализ геологических карт и разрезов с целью определения дизъюнктивов дается в учебниках (см. курсы полевой геологии и методики геологической съемки и пособия по чтению геологических карт В. А. Обручева, В. Н. Вебера, Е. В. Милановского и др.).

36. Изучение типа дизъюнктивов при проходке выработок

В подземной обстановке далеко не все отмеченные выше критерии можно использовать для диагностики дизъюнктивов. Так, геоморфологические критерии — бесполезны (за очень редким исключением, когда имеются разобщенные дизъюнктивом части погребенного рельефа).

Прежде всего трудно, а чаще и вовсе невозможно решить вопрос о типе и виде дизъюнктивов, когда он пересечен скважиной в единой пачке. Но скважины задаются, когда имеется достаточно детальная геологическая карта, где выход дизъюнктива нанесен. В этом случае первая же скважина обычно устанавливает по крайней мере, направление и угол падения сместителя. Далее с помощью геологической карты определяется, какое крыло опущено или приподнято. Это дает уже довольно много; в ряде случаев этого достаточно для определения направления смещения. Правда, карта может быть «слепой». Строение бывает слишком однообразно. Тогда приходится искать (с помощью расчисток и других выработок) царапины, изгибы волочения, характерные смещенные тела и т. д. Если дизъюнктив малой амплитуды, его определить трудно или нередко вовсе невозможно: для этого нет данных.

При проходке штолен, шахт и шурфов узнать тип дизъюнктива проще, так как они обнажают сместитель или зону смещения. Можно замерить их залегание, найти царапины и изгибы волочения. Можно также по обломкам тектонической брекчии и по вещественному составу тектонитов определить вектор смещения по дизъюнктиву. Используются другие признаки, которые характеризуют морфологию сместителей. Тип дизъюнктива при проходке шахт, штолен, штреков и шурфов выясняется в первую очередь с помощью тех критериев, которые изложены в параграфах 5, 6, 7, 8, 11, 16, 17.

37. Предварительная диагностика дизъюнктивов (прогноз)

Очень часто между моментом, когда наличие дизъюнктива доказано, и определением его вида проходят

годы. В это время при попытках определения дизъюнктива он нередко определяется очень грубо (например, раздвиг вообще, межформационный дизъюнктив вообще и т. п. Подобным же образом он определяется предварительно, приближенно, предположительно. При известных условиях такие попытки становятся научно обоснованным прогнозом. Это бывает в сравнительно хорошо изученных районах. Там закономерности тектоники известны. В структурном узоре хорошо выделены системы дизъюнктивов с определенными свойствами. В таком случае, как это много раз на практике делалось в Кузбассе, дизъюнктив хорошо узнается. Он определяется как звено в ряду дизъюнктивов уже известного типа, с характерным для них простираем и падением, или с постоянным тектоническим шагом и т. п. Как правило, требуется очень немного дополнительных фактов, чтобы такой прогноз доказать: нужно основательно знать пространственные закономерности данной системы дизъюнктивов и получить конкретные данные для определяемого дизъюнктива той же системы.

38. Типичные ошибки при качественном определении дизъюнктива

Они прежде всего происходят от смешения кажущегося смещения с действительным. Как пример такой ошибки, приведем изображение взброса в новейшем учебнике «Геологическое картирование» (А про дов, 1952, стр. 102, фиг. 57), данное без сопряженных точек и потому соответствующее не только взбросу, но и другим дизъюнктивам (например, сдвигу). Это допущено геологом, который ясно представляет себе различие между действительным перемещением и кажущимся смещением (см. стр. 302 того же учебника).

Значит, нужно определять дизъюнктивы по двум непараллельным телам или поверхностям, смещенным дизъюнктивом; нельзя без царапин, изгибов волочения и т. п. определять направление смещения по кажущемуся смещению, т. е. по смещению одного тела или нескольких, но параллельных тел (или поверхностей).

Затем главным источником ошибок является определение многофазного дизъюнктива, как однофазного.

В этом случае последнее несущественное движение, оставшееся царапины, может быть принято за единственное и определяется ошибочно. Чтобы избежать ошибки в определении, следует использовать описанные выше многочисленные методы диагностики.

Самым распространенным дефектом при характеристике или определении дизъюнктивов является то, что они характеризуются лишь по направлению относительного смещения. Другие стороны весьма многообразной жизни дизъюнктива, как правило, остаются в тени или вовсе не характеризуются. Слабо и мало описывается морфология сместителей данного вида или типа дизъюнктивов. Как правило, вовсе не выделяются дизъюнктивы растяжения или расширения (раздвиги, разрывы, расколы, разломы и т. д.). Редко распознаются и описываются широко распространенные послынные, межсвитные и межформационные дизъюнктивы. Недостаточно исследуются дизъюнктивы с качественной стороны по геологическим условиям их образования.

Заканчивая вопросы методики определения типа дизъюнктивов, отметим, что их характер сильно меняется в зависимости от хода и ступени их развития. Могут быть весьма многообразные дислоцированные дизъюнктивы. Но мы с самого начала условились, что ограничиваем свою задачу, на первых порах, определением однофазных дизъюнктивов. Задачу же исследования многофазных дизъюнктивов мы рассмотрим далее, а теперь перейдем к приемам определения величины однофазных дизъюнктивов.

Г. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОДНОФАЗНЫХ ДИЗЪЮНКТИВОВ

(Определение амплитуды однофазного дизъюнктивного перемещения)

1. Переходим к диагностике величины смещения. Предварительно необходимо сказать, что понимается под той или иной величиной дизъюнктива.

Прежде всего отметим, что дизъюнктив может иметь большое протяжение в пространстве (большой сместитель). Однако некоторые из таких региональных, длин-

ных, прослеживаемых на десятки и сотни километров, дизъюнктивов могут иметь относительно небольшое смещение крыльев. Таков, например, рудоносный дизъюнктив Никитовского месторождения киновари в Донбассе. Таким образом, следует различать величину сместителя и величину (амплитуду) смещения.

Точная количественная характеристика сместителя слагается по крайней мере из следующих элементов: 1) длина сместителя по простиранию, 2) глубина его и протяженность по падению, а также по любой диагонали или по диаметру сместителя, 3) величина площади его, 4) точные очертания этой площади, 5) количественная характеристика формы и залегания сместителя с помощью структурной карты (карты, изображенной в подземных горизонталях), 6) простирание, направление падения и угол падения для плоских сместителей, 7) мощность зоны смещения.

Из перечисленных выше элементов обычно определяют лишь элементы, обозначенные под цифрой 1 и 6.

Следует иметь в виду, что многие элементы морфологии сместителей также нуждаются в количественной характеристике.

2. Рассмотрим теперь величину действительного смещения. В ней различаются следующие компоненты, прежде всего выделим два главных составляющих движения: 1) одно движение направлено вдоль сместителя; 2) другое ориентировано перпендикулярно поверхности разрыва.

Движение вдоль сместителя можно в свою очередь разложить на два компонента. Один из них — это движение по простиранию, которое является сдвигом и горизонтальной составляющей компонентой движения; другой компонент является движением по падению (восстанию) сместителя, которое может быть названо сбросом или взбросом (и надвигом).

Составляющая движения по падению (или восстанию) сместителя может быть разложена на горизонтальный и вертикальный векторы. Первый из них называется перекрытием (или зиянием), а второй — размахом. Таким же образом можно разложить и то составляющее движение, которое ориентировано перпендикулярно сместителю и является наклонным.

Различают еще стратиграфическую амплитуду смещения. Это есть длина перпендикуляра к смещенным частям одного и того же пласта (или другого тела). При этом лучше брать перпендикуляр к висячим или лежачим бокам пласта. Определяют также величину отхода, которая измеряется по перпендикуляру к смещенным частям пласта, но в горизонтальном сечении.

3. Следует отличать полную амплитуду, или длину, смещения от неполной, меньшей. Неполная — есть расстояние между сопряженными точками смещенных частей поверхности или тела, измеренное по прямой (или являющееся кривым кратчайшим расстоянием между ними, если сместитель изогнут). Полная амплитуда равна неполной плюс те смещения висячего и лежачего крыльев, которые выразились в изгибах (или складках) волочения.

4. Все приведенные выше величины есть величины действительного смещения. От них нужно отличать величину кажущегося смещения. Например, мы можем поднять строго вертикально (без элемента сдвига) наклонный пласт; в горизонтальном сечении его при этом мы увидим кажущееся горизонтальное смещение. Оно тем больше, чем больше амплитуда поднятия или опускания и чем положе лежит пласт. При первом знакомстве с дизъюнктивом нужно уделить большое внимание кажущемуся смещению.

5. Нередко дизъюнктив сложный—многофазный, т. е. разившийся не в одну, а в несколько фаз тектонического развития. Значит, следует различать амплитуду каждой фазы дизъюнктива в отдельности, во-первых, и суммарную амплитуду, во-вторых. Суммарная амплитуда может быть определена как действительная, так и кажущаяся. Действительная полная амплитуда многофазного дизъюнктива есть арифметическая сумма всех действительных полных амплитуд всех фаз его развития. Кажущаяся амплитуда многофазного дизъюнктива есть расстояние между его сопряженными точками. Она может быть равна действительной полной амплитуде в сравнительно редких случаях повторных движений вдоль одного и того же вектора. В большинстве же случаев она меньше, чем полная действительная амплитуда многофазного дизъюнктива.

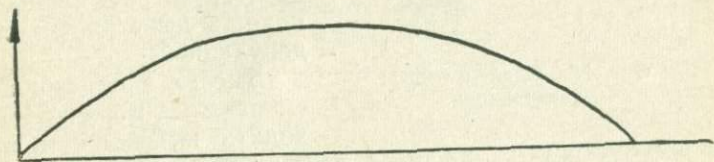
6. Изменение величины смещения в пространстве есть закономерность, без которой почти нельзя себе представить дизъюнктива. Правда, у региональных дизъюнктивов это изменение может быть очень малым на небольших участках или даже бесконечно малым, и им можно пренебречь. Тем не менее оно все же присуще дизъюнктивам и вытекает из самого факта, что дизъюнктивы имеют как начало и конец, так и участки максимального развития, от которых во все стороны наибольшая амплитуда смещения уменьшается и достигает нуля по периферии дизъюнктива, где он замирает.

Несомненно, изменение амплитуды дизъюнктивов свидетельствует о том, что каждый дизъюнктив с меняющейся амплитудой сопровождается пластическими деформациями. Без них нельзя полностью объяснить уменьшение или увеличение амплитуды дизъюнктива.

Теоретически можно представить себе систему дизъюнктивов с одинаковой амплитудой смещения по всем сместителям; они выкраивают блок земной коры, и этот блок смещается параллельно самому себе на одно и то же расстояние. При этих условиях амплитуда может быть постоянной по всем контактам блока.

Но почти всегда амплитуда — переменная величина, задача ее определения не может быть решена, если мы

Амплитуда смещения



простираение сместителя

Фиг. 44. Изменение вертикальной амплитуды

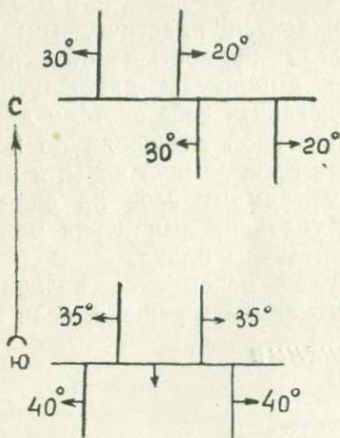
дадим количественное определение дизъюнктива только для одной точки. Нужно определить эту амплитуду для всех точек или, по крайней мере, для главнейших точек дизъюнктива.

На фиг. 44 дана графическая схема изменения величины взброса, из которой видно, что достаточно опреде-

лить эту величину для некоторых характерных точек. Для всех остальных точек она найдется путем простой интерполяции, она изменяется пропорционально, по закону прямой линии или по плавной кривой, намечаемой по 3 (или более) точкам.

Таким образом, мы или должны иметь математическое уравнение кривой, вроде кривой на фиг. 44, выражающей изменение амплитуды; или же нужно иметь изображение кривой (в масштабе) и направление движения, тогда можно быстро определять амплитуду для каждой точки дизъюнктива.

7. Чтобы получить график меняющихся амплитуд, нужно определить амплитуду дизъюнктива в нескольких его точках. Переходим к этой задаче количественного определения амплитуды хотя бы сначала в одной точке.



Фиг. 44 а. Сдвиг и взброс антиклинали

Довольно легко и точно определяется амплитуда разломов, особенно если образующаяся зияющая полость ничем не заполняется. Эта амплитуда равна перпендикуляру между стенками полости. Необходимо, однако, проверить, не расширена ли полость выветриванием и денудацией.

Вместе с образованием разлома может происходить инъекция магмы в образующуюся полость: амплитуда разлома приблизительно равна мощности заполняющего ее интрузивного или жильного тела. Она меньше этой мощности на величину мощности ассимилированных магмой пород. Насколько меньше? На весьма незначительную величину, если ассимиляция близ поверхности земной коры. Точное определение этой поправки возможно способом, изложенным ниже для метасоматических тел.

Полость, образованная разломом, может быть заполнена не магмой, а минеральным веществом, отложенным эманациями. Тут возможны два варианта: 1) минеральное вещество заполняет полость без метасоматоза и 2) это заполнение сопровождается замещением стенок полости. В первом случае ее ширина (амплитуда разлома) равна мощности минеральной жилы, а во втором — меньше этой мощности. Может быть и так, что разлома вовсе нет, т. е. жила целиком метасоматическая (фиг. 20 б). Как определяется наличие метасоматоза и его степень, а следовательно, наличие разлома и его амплитуда, показано на фиг. 20. Может происходить только метасоматоз без раздвижения стенок трещины; тогда выдержанные по простиранию тела (на фиг. 20 б), рассеченные метасоматическим телом, не уклоняются от своего простирания по другую сторону этого тела.

Напротив, если было раздвижение стенок трещины, то возникал разлом, а следовательно, образовалась полость, заполняющаяся каким-либо веществом (фиг. 20 а); тогда косо пересеченные разломом тела уклоняются от своего простирания по другую сторону разлома. При этом обрезы этих косо пересеченных тел расположены на перпендикуляре к разлому. Есть хорошее доказательство того, что никакого смещения, кроме разлома, не было: тела, ориентированные поперек разлома, не уклоняются от своего простирания, а, напротив, идут по своему простиранию по другую сторону разлома.

Наконец, в промежуточном случае происходит как раздвижение стенок, так и метасоматоз их или ассимиляция. Доказательством раздвига является соотношение, подобное изображенному на фиг. 20 а, доказательством же метасоматоза или ассимиляции будет характерное расположение соответствующих точек не на перпендикулярах к разлому, как можно было ожидать при отсутствии ассимиляции, а с некоторым отклонением от перпендикуляра. Это отклонение тем больше, чем больше метасоматоз или ассимиляция.

8. Амплитуда послонных, межсвитных и межформационных дизъюнктивов определяется лишь при наличии особо благоприятных условий. Обычно качественная характеристика таких дизъюнктив-

вов и не требуется, ведь они не секут первичную структуру осадочных толщ, не изменяют и не затемняют стратиграфические соотношения; следовательно, они не могут смещать тела полезного ископаемого осадочного происхождения так, чтобы приходилось их отыскивать. Правда, они могут быть рудовмещающими структурами, но в этом случае нас интересует не амплитуда дорудного смещения, а залегание рудоносного сместителя.

Впрочем, при известных условиях нас может все же интересовать амплитуда послойных или межформационных дизъюнктивов при поисках руд. Эти условия таковы: рудные тела секут слоистость, а послойные движения — пострудные. Но при этих условиях появляются и основания для количественного определения послойных дизъюнктивов, которые смещают на то или иное расстояние рудные тела. Реальная возможность определения амплитуды послойного смещения появляется при двух условиях. Во-первых, мы можем иметь по обе стороны этого дизъюнктива два смещенных им не параллельных тела или поверхности; во-вторых, мы знаем направление послойных царапин или борозд скольжения и с их помощью находим две сопряженные точки смещенной поверхности. Последнее условие может быть и в такой форме: мы имеем одну сопряженную точку и направление смещения; другую же сопряженную точку находим на пересечении этого направления, известного по царапинам, с продолжением смещенной поверхности, при этом залегание и положение этой поверхности известно.

Задача разрешима и в том случае, если количественно определим одну из составляющих диагонального движения; одна из них — по простиранию, а другая — по линии падения. Задача разрешима, если мы знаем направление царапин скольжения по отношению к простиранию дизъюнктива. Определение дизъюнктива, секущего две непараллельных поверхности или два тела, дается ниже.

Сначала же мы отметим, что послойные дизъюнктивы чаще, или как правило, являются пликатогенными, т. е. происходят одновременно со складчатостью и вызваны ею. Поэтому направление движения обычно близко к восстанию сместителя, если оно развивается в кры-

де, а не в замковой волнистой зоне складки. Величина смещения в типичном случае меняется от нуля в замке близ оси складки до максимума около середины крыла на переходе от синклинали к антиклинали. Этот максимум зависит от величины складки: он тем больше, чем больше складка. При всем том он является сравнительно небольшим.

Вторая зависимость — от мощности толщ, между которыми происходит послойное скольжение: чем мощнее эти толщи, тем больше максимум послойного смещения.

9. Легко получается точное, количественное определение вертикальной (и горизонтальной) составляющей по горизонтальным (и вертикальным) поверхностям и телам. Есть необходимое условие правильности решения задачи, это — резко выраженная индивидуальность и неповторимость расчлененных дизъюнктивом пластов (или других тел); при этом исключается возможность путаницы и ошибок в корреляции их при сопоставлении всячего и лежащего крыльев дизъюнктива. Следует иметь в виду, что можно использовать не только имеющиеся в природе горизонтальные и вертикальные поверхности, но и построенные, например, осевые поверхности.

10. Главным геологическим методом определения амплитуды дизъюнктива является анализ смещения двух непараллельных тел (или поверхностей). Этот анализ можно производить как по геологической карте, так и по геологическому разрезу.

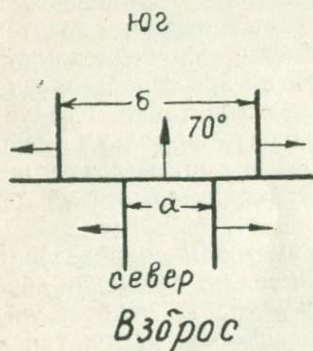
Дизъюнктив может рассекать параллельные тела или поверхности; тогда его нельзя определить, если этому определению не помогают изгибы волочения, царапины, борозды скольжения и прочее. Дело в том, что видимое смещение таких параллельных тел можно объяснить как сдвигами, так и вертикальным смещением, а также комбинацией их. В этом случае мы имеем, как выражаются математики, одно уравнение со многими неизвестными. Другими словами, в этом случае решение гадательно: мы можем получать сколько угодно произвольных решений. Такая неопределенность решения задачи вытекает из известного геометрического правила: параллельные сечения параллельных тел или поверхно-

стей имеют неизменное расстояние между ними. Таким образом, любое сечение пары параллельных пластов, сделанное на любой глубине, может быть приподнято до дневной поверхности без изменения расстояния между ними. При этом будет наблюдаться кажущееся сдвиговое смещение, отличаемое от действительного сдвига (фиг. 37).

Разумеется, неопределенность решения задачи исчезает, если имеются царапины или борозды скольжения или изгибы волочения. Если же их нет, условием ее разрешимости является наличие непараллельных тел (поверхностей), рассеченных дизъюнктивом.

Допустим, такие тела или поверхности имеются. В простейшем случае это могут быть плоские тела или поверхности. Это могут быть плоские крылья острой складки с выдерживающимися на значительное расстояние постоянными элементами залегания.

Как показано на рис. 45, где изображена симметричная антиклиналь, в южном крыле дизъюнктива мы имеем более глубокое сечение антиклинали по сравнению с северным крылом. Насколько глубже расположено его сечение, точно определяется в вертикальном сечении антиклинали. В этом вертикальном сечении мы



Фиг. 45. Взбросо-сдвиг антиклинали

находим сечения с расстоянием между крыльями антиклинали (a), равным расстоянию между крыльями антиклинали в северном крыле дизъюнктива. В этом же вертикальном сечении мы находим на большей глубине большее расстояние между крыльями той же антиклинали в южном крыле дизъюнктива. Несомненно, расстояние между крыльями антиклинали в южном крыле дизъюнктива (b) увеличилось потому, что это южное крыло приподнято; денудация рассекла антиклиналь на более низком уровне. Величина поднятия как раз измеряется вертикальным расстоянием между двумя горизонтальными

сечениями: ранее они лежали на разной глубине; теперь же они лежат в одном горизонтальном денудационном уровне. Это вертикальное расстояние есть не что иное, как вертикальная составляющая (вертикальная амплитуда) или размах сложного дизъюнктива.

Что касается горизонтальной (сдвиговой) составляющей, то она в выбранном примере легко определяется, она равна расстоянию (c) между смещенными частями некогда единой вертикальной осевой поверхности антиклинали (фиг. 36). Эту воображаемую осевую поверхность надо было сначала построить. Для этого на чертеже проведены соответствующие линии 1—2 и 1'—2' на одинаковом расстоянии от крыльев, так как складка симметричная. Конечно, две части вертикальной поверхности никогда не разойдутся, сколько бы ни смещать их в вертикальном направлении. То же будет у наклонной поверхности при смещении в вертикальной плоскости по линии обреза. Но если есть горизонтальная составляющая движения, то она сместит в плане две части разорванной вертикальной поверхности; смещение это будет равно расстоянию между этими частями, измеренному по горизонтали в плане. Искомую горизонтальную составляющую можно найти как полусумму видимых сдвигов крыльев складки. Если видимые, кажущиеся сдвиги не в одну, а в разные стороны, то нужно брать не полусумму, а полуразность.

Допустим, складка не с плоскими, а с изогнутыми крыльями, что гораздо чаще встречается в природе. Необходимо знать изменение угла падения крыльев складки с глубиной. Только в этом случае мы можем определить достаточно точно вертикальную амплитуду секущего складку дизъюнктива. Может быть складка с наклонной осью; допустим, у нас нет фактических данных об изменении ее формы и падения крыльев с глубиной (по буровым скважинам, естественным обнажениям). Мы можем воспользоваться горизонтальным сечением той же складки. На коротком расстоянии одна и та же цилиндрическая поверхность (складка) может сохранить почти неизменным свой характер. А если мы имеем одно сечение такой поверхности (горизонтальное, геологическую карту или план), то мы можем построить и другое ее сечение (вертикальное, геологиче-

ский разрез). Это построение можно сделать с помощью прибора, предназначенного для восстановления фаз тектонического развития (Радугин, 1941).

Допустим, мы желаем определить вертикальную амплитуду дизъюнктива, пересекающего два непараллельных тела; необходимо знать, как изменяется их залегание с глубиной по сравнению с тем залеганием, которое мы наблюдали близ поверхности. Это закономерное изменение с глубиной прежде всего выясняется из наблюдений в смещенных частях пластов и жил по обе стороны дизъюнктива. Допустим, крылья складки не плоские, их падение с глубиной станет круче или положе; это и выясняется замерами углов падения крыльев по обе стороны дизъюнктива.

Гораздо труднее установить закономерность в изменениях залегания жил и жилообразных тел. Так, хотя силлы идут послойно, но они могут местами перескакивать с одного горизонта на другой. Еще больше случайности и непредвиденных изменений в залегании секущих жильных тел как магматических, так и эманационных. Не только опыт в их исследовании, но и знание некоторых конкретных закономерностей их поведения в данном рудном теле не может нас гарантировать полностью от ошибок; они могут быть в результате именно отмеченных выше случайных отклонений от предполагаемого залегания и тектонического поведения на глубине.

Охарактеризованный выше метод, к сожалению, во многих случаях не применим; нет двух непараллельных тел и поверхностей (хотя бы построенных), которые рассечены дизъюнктивом, амплитуду которого мы определяем.

11. В этих случаях для количественного определения дизъюнктивов приходится прибегать к другим приемам.

Самым главным из них является использование для решения задачи направления смещения, устанавливаемого по царапинам, а также по изгибам и складкам волочения. При этом необходимо учитывать все те условия правильного их анализа, которые выше отмечены (главным образом, при характеристике морфологии сместителей). В особенности следует помнить, что дизъюнктив мог быть многофазным. Если так, царапины, следовательно, нужно искать всех направлений, свой-

ственных данному дизъюнктиву. Конечно, при беглом исследовании по царапинам надежно определяется лишь скаляр, а не вектор движения.

Само по себе знание вектора движения еще недостаточно, чтобы определить величину однофазного дизъюнктива. Допустим, штрек по пласту угля дошел в лежачем крыле дизъюнктива до обреза пласта дизъюнктивом; тогда, если мы нашли борозды и царапины на сместителе и определили вектор движения, мы знаем, в каком направлении искать смещенную часть пласта. Но нам еще неизвестно, через какое расстояние мы встретим в этом направлении продолжение пласта. Чтобы это определить, нужно иметь еще хотя бы одну точку линии обреза. Из этой единственной точки линии обреза висячем крыле дизъюнктива мы можем провести ее в том направлении, в каком идет линия обреза. Это следует сделать по наблюдениям хотя бы в штреке, где положение линии обреза можно замерить. При этом мы имеем в виду невращательное смещение или такие вертикальные смещения, которые происходят с очень малым поворотом, не влияющим существенно на решение задачи.

Линия обреза от конца штрека во втором крыле дизъюнктива, допустим, построена, тогда остается лишь провести вдоль царапин линию от обреза пласта в одном крыле дизъюнктива до линии обреза в другом крыле дизъюнктива. Длина этой линии и будет полной длиной однофазного смещения, если нет изгибов или складок волочения.

12. Важное значение при количественной оценке дизъюнктивов имеет знание угла, образованного линией скрещения (обреза) и направлением дизъюнктивного смещения (царапинами). Как уже указано, при малой величине этого угла легко недооценить дизъюнктив и даже его совсем не заметить, если эта величина равна нулю. Можно и переоценить дизъюнктив, если линии обреза лежат горизонтально и если мы исследуем дизъюнктив в горизонтальном сечении.

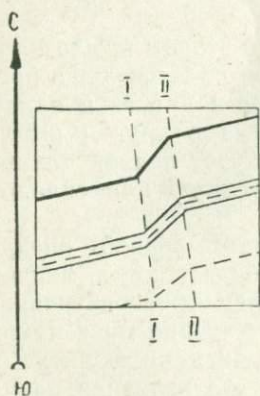
13. Отметим далее еще один геологический — стратиграфический метод определения амплитуды дизъюнктивов, основанный на учете мощности геологических тел и формаций. Выше говорилось, как можно

использовать горизонтальное и вертикальное тела и поверхности для установления вертикальных и горизонтальных составляющих дизъюнктивов. Подобно этому можно использовать и мощность горизонтальных и вертикальных геологических тел и формаций.

Если же они наклонены, требуется конкретный анализ, учитывающий мощность рассеченных дизъюнктивом геологических тел и формаций (или промежутков между ними).

Разумеется, мы легко можем перейти от известной мощности тела или формации к вертикальному и горизонтальному расстоянию между их почвой и кровлей. Это можно сделать как графически, так и вычислением. Таким образом, конкретное определение величины смещения можно обосновать на знании направления смещения, мощности и залегания тел. Это может привести к удовлетворительному решению задачи и является существенным средством исследования дизъюнктивов.

14. Есть особого рода дислокации, происходящие под влиянием пары сил. Это своего рода эмбриональные срезы или зачаточные сколы. Может быть, их лучше назвать изломами (или переломами). Они смещают геологические тела и формации параллельно самим себе, но с поворотом промежуточной части. Назвать такие дислокации пликативными трудно, поскольку они происходят с помощью надлома или перелома (по линии I—I и II—II на фиг. 46).



Фиг. 46. Изломы

В этих движениях тела смещаются параллельно самим себе; величина смещения (А) определяется легко как перпендикуляр к кровле или почве между положениями их до и после смещения.

15. Геоморфологический и геодезический методы количественного определения дизъюнктивов. Он рассматривался выше, при оценке этими мето-

дами типа дизъюнктива. Эти методы дают особенно точные результаты для определения новейших дислокаций, ведь после них геологические процессы еще не успели заметно изменить дислоцированные формы рельефа.

Вместе с тем, как дизъюнктивы становятся древнее, методы геоморфологии, естественно, приобретают характер палеогеоморфологической методики.

Д. ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ДИЗЪЮНКТИВОВ

Изучение развития дизъюнктивов (или определение многофазных дизъюнктивов) можно считать самым сложным и трудным делом. Успех в этом деле есть подлинный триумф научной мысли.

К сожалению, методика изучения развития или определения фаз развития дизъюнктивов до последнего времени не привлекала внимания. Да и теперь этот раздел тектоники почти не разрабатывается наукой. В СССР соответствующие вопросы привлекали внимание отечественных ученых, но главное в их разработке еще впереди.

Исследование развития дизъюнктивов имеет весьма существенное значение. Допустим, дизъюнктив многофазный, но принимается за однофазный; это может привести к грубейшим ошибкам; при этом допускается упрощение сложных явлений природы и метафизическое их понимание; отсюда происходит неправильное определение типа и амплитуды дизъюнктивов.

Напротив, мы можем учитывать дизъюнктив таким, каким он возник и каким был в каждую фазу своего развития; мы тогда в максимальной мере приближаемся к действительности, избегаем путаницы и отмеченных выше ошибок.

Рассмотрим сначала, как, в каких формах происходит изменение или развитие дизъюнктивов.

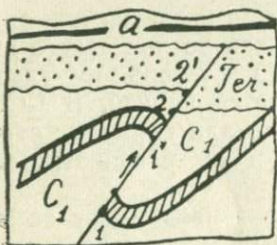
1. Одна из групп этих изменений сводится к следующему: допустим, сместители не меняют своего залегания; но смещения вдоль или поперек их совершаются многократно. При этом эти многофазные движения могут быть как однородными, так и разнородными.

а. Рассмотрим сначала однородные движения. При этом новая фаза дизъюнктивного движения может про-

исходить с сохранением характера дизъюнктива (например, взброса на фиг. 47); но сохраняется направление движения и во вторую (третью и т. д.), новую фазу развития дизъюнктива.

Амплитуда движения в I и II фазу взбрасывания равна расстоянию между сопряженными, ранее совпадавшими точками 1 и 1' (плюс движение, давшее изгибы волочения). I фаза движения закончилась, как видно на схеме, после отложения и дислокаций нижнего карбона, но до отложения третичных осадков.

Амплитуда дополнительного движения во II фазу по тому же сместителю в прежнем направлении (по восстанию сместителя равна расстоянию между сопряженными точками 2 и 2'. Это движение прошло после отложения третичных осадков, которые были смещены на ту же величину, но смещение было до нижнечетвертичных отложений, так как ясный прослой внутри последних не испытал дизъюнктивного смещения.

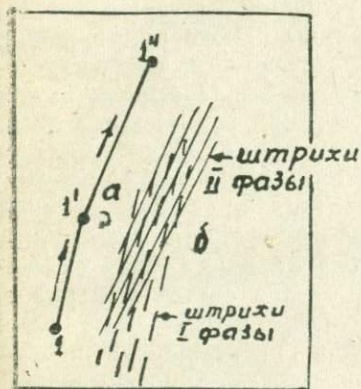


Фиг. 47. Двухфазный взброс

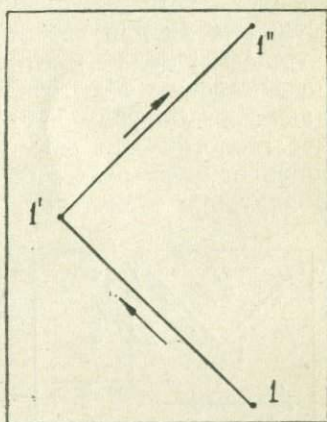
Ясно, обе фазы взбрасывания происходили по одной и той же линии восстания взброса, следовательно, царапины или борозды от обеих фаз движения направлены одинаково и, следовательно, их трудно или невозможно различить. Возможность разграничения по царапинам появляется в том случае, когда между фазами взбрасывания прошла фаза минерализации, давшая вдоль сместителя жилки. Эти жилки могут инкрустировать или облекать царапины I фазы и сами нести на себе борозды II фазы взбрасывания. Главным же методом определения факта двухфазности движения и амплитуды каждой фазы является анализ смещения разновозрастных геологических тел и формаций. В приведенном примере такой анализ возможен. Ведь имеется третичная толща, испытавшая лишь одну фазу дизъюнктивного движения (однофазный дизъюнктив). Кроме того, есть и другая более древняя формация, испытавшая две (если не более) фазы взбрасывания. Кстати сказать, в сложной постройке из 2 и более геологических

формаций бывают двухфазные дизъюнктивы. Они секут эту сложную двухэтажную постройку различного возраста; при этом смещения могли быть разного типа в разных этажах постройки. Именно поэтому во многих случаях теряет смысл даже генетическая классификация такого дизъюнктива, который может быть противоположного характера в различных геологических формациях.

б. Рассмотрим другую форму двухфазного дизъюнктива; она несколько отличается от предыдущей тем, что тип дизъюнктива во вторую фазу движения сохраняется, но направление движения несколько меняется. Схему данного двухфазного движения, как и других, рассмотренных ниже, мы изобразили в проекции на поверхность сместителя (фиг. 48). На этой поверхности мы можем найти две системы царапин, из коих одна соответствует



Фиг. 48. Двухфазный взброс (а — схема движения, б — штрихи на сместителе)

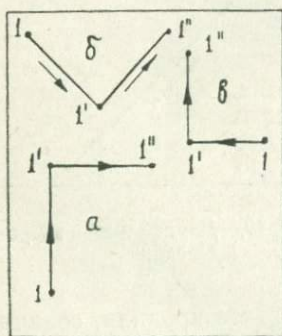


Фиг. 49. Двухфазный взбросо-сдвиг

одной фазе движения, а другая, более поздняя, создана второй фазой взбрасывания (фиг. 48). Эта вторая система борозд при своем образовании перечеркивает первую; при этом, разумеется, обе образовались на одной и той же, а не на соседних поверхностях сместителя, если они не разделены межфазной жилкой. Разумеется, в верх-

ней части дизъюнктива мы найдем лишь одну, более позднюю систему штрихов скольжения.

в. В качестве следующей формы развития двухфазного или многофазного дизъюнктива выделим движения, являющиеся однотипными в каждую фазу, но дающие суммарный результат такой же, как от однофазного дизъюнктива совершенно иного типа. Так, на фиг. 49 мы имеем двухфазный сдвиг-взброс, причем сдвиговый компонент I фазы равен сдвиговой составляющей II фазы движения. Однако, благодаря тому, что эти сдвиги были в разные стороны, их суммарное действие равно нулю. В результате итоговое смещение не отличается от однофазного взброса по прямой I—I'' на фиг. 49. Все же не следует забывать, что однофазное движение по прямой I—I''—это одно, а двухфазное движение по ломаной I—I'—I''—это другое. Отождествлять их не следует, хотя положение смещенных тел одинаково. Отличить их при известных условиях можно: в первом случае мы будем иметь царапины одного направления, по восстанию сместителя; во втором случае—пересекающиеся борозды двух направлений. Пусть мы имеем две геологические формации; из них верхняя испытала лишь одну вторую фазу смещения, она будет поэтому обнаруживать лишь одну систему царапин или штрихов;



Фиг. 50. Двухфазные дизъюнктивы

напротив, в более древней толще мы увидим суммарный результат двух фаз смещений — две системы штрихов.

г. Рассмотрим еще один вариант: дизъюнктив второй фазы — иного типа по сравнению с первой фазой. При этом суммарный эффект обеих фаз напоминает дизъюнктив третьего типа, хотя и не тождествен ему.

Так, на фиг. 50, *a* изображен надвиг или взброс в фазу I и сдвиг во II фазу; результат

же является конвергентным: он схож со структурой, которую дал бы взбросо-сдвиг по линии I—I''.

На фиг. 50, б мы имеем две фазы дизъюнктива равной амплитуды (I—сбросо-сдвиг и II—взбросо-сдвиг), суммарный результат которых такой же, как от сдвига по прямой I—I''.

На фиг. 50, в также ясно, что дизъюнктив был сложным; сначала он был, видимо, сдвигом висячего крыла на запад; потом это крыло было взброшено вверх по восстанию сместителя.

д. Может быть и такой вариант движения II фазы, которое противоположно по направлению движению I фазы. Если амплитуды I и II фазы равны, второе движение уничтожает результаты первого. Суммарный эффект такой же, как если бы дизъюнктива не было. В действительности же дизъюнктив был, притом двухфазный. Это разновидность дизъюнктива-невидимки.

Движение во II фазу может быть меньше или больше движения в I фазу, суммарный же эффект будет качественно соответствовать большему движению, но количественно он будет равен разности амплитуд движения в I и II фазу. Однако в более молодой формации, испытавшей лишь одну II фазу движения, дизъюнктив-невидимка сразу проявится.

2. Рассмотрим вторую группу изменений, которые могут испытать дизъюнктивы в своем развитии. Это — участие в дислокациях, которым подвергаются сместители и прилежащие к ним дизъюнктивные зоны. В результате этих изменений получают дислоцированные, в частности, смятые в складки дизъюнктивы.

Рассмотрим сначала, в чем именно выражается участие дизъюнктивов в складчатости.

а. В некоторых случаях дизъюнктивы образованы в первую фазу складчатости, тогда они поворачиваются вместе с крыльями рассеченных складок в последующую фазу. При этом сместители таких дизъюнктивов, не меняя направления своего падения, сменяются более пологими или, напротив, более крутопадающими.

Такое изменение может быть небольшим. Например, если раньше сместитель взброса падал под углом 75° , теперь он падает под углом $65-70^\circ$. Взброс при этом остается обычным взбросом, но он является уже двухфазным, причем двухфазное его развитие установить очень трудно.

б. Предыдущий вариант изменения угла падения без изменения направления падения мы возьмем в другом виде. Теперь угол падения сместителя изменяется очень сильно; например, от очень крутопадающего до пологого залегания или наоборот. В связи с таким изменением дислоцированный взброс становится похожим (по небольшому углу падения сместителя) на однофазный надвиг, для которого характерно пологое падение сместителя (фиг. 43 б, II, слева). Наоборот, дислоцированный (не однофазный; а, например, двухфазный) надвиг может стать крутопадающим. Он внешне похож на взброс (однофазный, не дислоцированный взброс) (фиг. 43 б, II, справа).

Так появляются в мире дизъюнктивов их конвергентные формы, т. е. внешне сходные, но существенно различающиеся по своему происхождению.

в. У двух приведенных выше изменений дизъюнктивов могут быть еще две разновидности, если эти процессы сопровождаются новыми подвижками по сместителю.

г. Следующий тип изменений — смятие в складки пологих дизъюнктивов (надвигов и шарьяжей). Примеры таких смятых в складки дизъюнктивов можно привести из района Прокопьевска в Кузбассе и из Бельгии. В последнем случае смята в складки поверхность шарьяжа вместе с его панцирем из девонских отложений. Под этим девоном лежат угленосные отложения.

Особое значение дислоцированные дизъюнктивы имеют, по-видимому, на севере Кузбасса, где их расшифровка позволяет сильно увеличить перспективы добычи каменных углей.

д. Весьма интересные преобразования испытывают поперечные к складкам дизъюнктивы под влиянием развития рассеченных ими складок.

е. Отметим еще одну форму участия дизъюнктивов в процессах складчатости, когда существенно изменяется не только падение, но и простираение дизъюнктивов. Такое изменение легче обнаружить у вертикальных сместителей.

ж. Наконец, можно отметить (подобно примерам г и д) пластические деформации сместителей пологих надвигов. Эти деформации могут происходить в зависимости от большей или меньшей пластичности и жесткости

горных пород; они, таким образом, могут получить свое выражение в рельефе сместителя. Последний в этом примере подвергается, так сказать, дисгармонической или неоднородной пластической деформации. От примера данный пример отличается: речь тут идет не о складчатости (с правильным изгибом крыльев), а о пластической деформации без продольного изгиба.

Кроме участия дизъюнктивов в складчатости, которое, как видим, может быть довольно многообразным, они могут испытать дизъюнктивные дислокации. Другими словами, они, как любая поверхность и зона, могут быть пересечены более поздним дизъюнктивом и испытать то или иное смещение вдоль него или поперек него. Формы этих преобразований могут быть столь же многообразны, сколь варьируют смещающие дизъюнктивы. А количественные вариации этих смещений могут быть бесконечно велики.

Наконец, дизъюнктивные зоны в процессе складчатости могут быть пересечены сланцеватостью. Это преобразование, в сущности, является одной из форм метаморфизма (динамометаморфизмом) дизъюнктива.

Таким образом, мы переходим к третьей группе изменений, которые испытывают в своей жизни дизъюнктивы — к процессам метаморфизма. Сюда относится региональная рассланцовка, поражающая среди прочих горных пород и тектониты, созданные дизъюнктивом; динамометаморфизм может проявиться в морщинистости и струйчатости, в других местах он выражается в микроскладчатости сланцев локальной зоны сланцеватости, возникшей вдоль сместителя; может возникнуть и метаморфизм поверхностей смещения.

Можно легко себе представить, как та или другая дизъюнктивная зона или ее часть попадает в условия контактового или глубинного регионального метаморфизма. В этих случаях дизъюнктивы, их сместители, зоны локальной трещиноватости и локальных тектонитов испытывают глубокое преобразование. В частности, тектониты превращаются в роговики, мраморы, кристаллические сланцы, гнейсы и др.

Мы не можем стоять на весьма ограниченной, узкой,

неправильной точке зрения, когда дизъюнктивы рассматриваются чисто геометрически.

Мы исходим из более правильного представления о дизъюнктиве, как о сложном геологическом явлении, насыщенном богатым содержанием. Поэтому мы говорим и о метаморфизме дизъюнктивов, а также о метаморфизованных или метаморфических дизъюнктивах. Такое представление подтверждают исследования. Там ясно видны примеры метаморфических изменений дизъюнктивов.

Отметим далее четвертую группу явлений, которые имеют непосредственное отношение к дизъюнктивам и подчас оказывают на них существенное влияние. Мы имеем в виду сейсмические явления.

С одной стороны, крупные новейшие региональные дизъюнктивы сами порождают сейсмические движения. Они нередко вызывают мощные опустошительные землетрясения с линейными эпицентрами значительной длины. Они являются своего рода динамомашиной, порождающей в земной коре сейсмические колебательные движения. Ясно, что такие сейсмические толчки, вызванные дизъюнктивным движением, ведут к образованию сейсмических осыпей и брекчий, к провалам и другим следствиям; временами это происходит далеко от дизъюнктива. Дизъюнктив при этом выступает, как существенный пороодообразующий фактор.

С другой стороны, сам дизъюнктив может быть объектом воздействия сейсмических колебательных движений, пришедших со стороны. Эта сторона жизни дизъюнктивов весьма интересна. Они обычно (если не всегда) вовсе не учитываются, но играют существенную роль в развитии их. В самом деле, они помогают разрядке накопившихся напряжений. Затем колебательные сейсмические движения создают шлифовку и полировку сместителей. *Надо полагать* поэтому, что отсутствие штрихов или царапин на сместителях вполне мыслимо. Допустим, это отсутствие — факт; это значит, мы доказали «сейсмический» дизъюнктив, он мог развиться путем постоянных микроскопических эволюционных и вращательных, полирующих сейсмических дрожаний — колебательных движений. Они дают, кроме этого, милониты. Мощные сейсмические удары

дробят породы и образуют брекчии. Трение шлифующихся поверхностей порождает электричество, и тут уж в прямом, а не переносном смысле дизъюнктивы являются природной динамомашинной: кстати, отметим, что мы наблюдали возникновение «блуждающих» электрических токов в момент отпалки или взрыва при проходке штольни; в тот же момент электроразведочные приборы отмечали (при электропрофилировании неподалеку от взрывов) заметное падение электросопротивления.

Рассмотрим далее пятую группу геологических процессов, в которых принимают участие многие дизъюнктивы,— это процессы глубинного вулканизма. Мы уже отметили, что дизъюнктивная зона может испытать контактовый метаморфизм. Но она может стать и зоной инъекции магмы. В этом случае висячие и лежачие крылья дизъюнктива, помимо метаморфизма, подвергаются частичной ассимиляции; при этом их обломки могут погрузиться в виде ксенолитов; наконец, эти крылья, как правило, расходятся, расталкиваемые магмой. Эти фазы жизни дизъюнктивов рисуют их нам как разломы, возникающие или развивающиеся в условиях одновременного внедрения магмы.

Наконец, отметим еще шестую, очень важную группу геологических процессов; эти процессы являются или спутниками дизъюнктива, или непосредственно генетически с ними связаны. Это — гидротермальные и вообще эманационные, в частности, рудообразующие процессы. Пространственная связь их с дизъюнктивными зонами очень широко проявляется в природе, так как сами сместители и рассланцованные зоны вдоль них являются путями эманаций. Эта локальная связь дизъюнктивов с рудоносными эманациями имеет огромное практическое значение, будучи теоретической основой одного из важнейших поисковых критериев.

Но связь эта может быть не только локальной, но и генетической. Далеко не всякие эманации порождаются магмой. Опускание грабенов, смещающее крупные части земной коры в зоны более высоких температур, способно «выжать» из них дополнительное количество паров и влаги. А это и означает, что при известных условиях эманации могут возникать независимо от рождения и остывания магмы.

Вдоль дизъюнктивов идут магматические и эманационные растворы. Ясно, они изменяют состав горных пород у сместителя. Конечно, дизъюнктивы нельзя себе представить, как чисто геометрические образования. В данном случае эти структуры как бы материализуются, получают тот или иной вещественный состав. Притом этот состав нередко в той или иной мере определяется составом крыльев дизъюнктива: горные породы крыльев отчасти выщелачиваются и ассимилируются.

Приведенными выше группами процессов не исчерпывается неорганическая жизнь дизъюнктивов. Но ради краткости мы ставим здесь точку, отметим лишь, что 1) дизъюнктивы превращаются в карстовые полости, заполняемые осадками, превращаются в осадочные дайки, 2) вдоль них образуются осадочные инъекционные образования, а в частности — каменной соли, 3) они могут быть скоплениями газа и нефти, 4) они порождают предгорные грубообломочные отложения (фангломераты), т. е. являются породообразующими факторами осадочных пород и т. д., и т. п.

Одним словом, еще раз подчеркнем, что дизъюнктивы — весьма сложные, многогранные геологические образования и их нельзя, как правило, свести только к механическим движениям.

Выше разобрано, хотя и без исчерпывающей полноты, в каких формах происходит развитие дизъюнктивов. Попутно немного выяснилось и то, как распознавать фазы их развития. Но теперь пора несколько подробнее остановиться на вопросах методики исследования многофазных, исторически неповторимых изменений дизъюнктивов.

Многие из этих вопросов не требуют специального освещения. Ведь ясно, что любая фаза внедрения магмы вдоль дизъюнктива или фаза минерализации зоны рассланцовки вдоль него оставляет яркий след в истории его развития, при этом не требуется сложных методов для обнаружения их. Ясно также, что разобранная выше методика исследования однофазных дизъюнктивов принципиально применима для определения каждой отдельной фазы развития многофазных дизъюнктивов. Нужны лишь достаточные условия решения этой задачи. Другими словами, в ряде случаев задача исследования

многофазных дизъюнктивов неразрешима; но это бывает не потому, что нет методики решения, а потому, что нет достаточных для решения условий.

Представление о многофазности и сложности развития дизъюнктивов является чуждым для ряда зарубежных геологов. Да и в отечественной учебной и научной литературе вопросы развития дизъюнктивов затрагиваются недостаточно. Таким образом, методика исследования фаз развития дизъюнктивов в значительной мере находится в стадии становления.

Сутью этой методики является метод материалистической диалектики, лежащей в основе всякой методики научного исследования. Это действительно острое оружие научного исследования; в свете этого учения и нам нужно развивать методику точного изучения конкретного развития тех или иных дизъюнктивов.

Большую помощь в этом деле уже оказывает и еще больше окажет в будущем учение о геологических формациях. Формации земной коры слагают разные ее этажи и отражают основные этапы ее развития. В связи с их изучением выясняются фазы складчатости или более сложные фазы тектогенеза, а вместе с тем выясняются на фоне тектонической истории и фазы развития дизъюнктивов.

Итак, мы расчлняем сложный процесс тектонического развития района на отдельные фазы или этапы как эволюционные, так и скачковые. Эту детализацию тектонического развития на отдельные моменты можно сравнить с разделением киноленты на отдельные кадры: при быстром движении у объектива киноаппарата, сливаясь, они дают живую картину движения и развития. Но как получить отдельные «снимки» последовательных фаз меняющейся тектонической структуры и как получить общую картину изменения дизъюнктивов?

Советская геология дает ответ на данный вопрос. Она предлагает несколько методов решения этой задачи восстановления фаз развития тектонического строения. Эти методы описаны в опубликованной литературе (Радугин, 1941); к ней читатели и отсылаются, если потребуется на практике решать задачу исследования развития дизъюнктивов.

Неповторимое развитие дизъюнктивов идет в зависимости от весьма разнообразных геологических условий. Изучить его очень трудно. Для этого нужно хорошо вооруженное исследование. Поэтому бесполезны всякие заранее сформулированные готовые решения. Едва ли помогут тут упрощенные правила и методы решения.

Надо облегчить это подлинно самостоятельное исследование, исходящее из конкретных, тщательно собранных и проанализированных фактов. Для этого мы приведем ряд примеров, которые могут помочь наметить правильный путь исследования. Во-первых, следует искать в зонах смещения царапины или борозды скольжения различной ориентировки. Они могут быть обнаружены на соседних поверхностях, в частности, они видны на параллельных жилках разного возраста и состава. Они позволяют расчленить сложный многофазный дизъюнктив на качественно различные и разновозрастные элементы, они также помогают установить последовательность этих движений. Если царапины двух фаз смещения видны на одной поверхности, более молодые царапины лучше сохранились, а более древние перечеркнуты или проглядывают сквозь сетку молодых штрихов. Во-вторых, изгибы волочения могут при известных условиях дать ясное представление о неоднократных фазах движения, они определяют и направление этих движений, особенно если их анализировать вместе с другими деталями тектоники. Так, на фиг. 51 ясно виден двухфазный дизъюнктив. Если в первую фазу возник взброс, создавший изгибы волочения, то во вторую фазу западное крыло опущено ниже первоначального положения без изменения этих изгибов.

Кстати сказать, изгибы волочения возникают, главным образом, если не исключительно, в момент образования сместителя, перед скалыванием, потом они слабо деформируются, так как трещина уже есть, и действует лишь трение, но в момент преодоления сопротивления материала происходят довольно заметные его пластические деформации, принимающие у поверхности скола или среза форму изгибов волочения.

Мы можем видеть еще более сложное движение (фиг. 52, а). Его расчленению на отдельные фазы (фиг. 52, г) способствуют изгибы волочения, доказываю-

щие, например, сдвиг северного крыла на восток (фиг. 52, б); затем наблюдаемое положение северного крыла документирует обратный сдвиг его на запад (фиг. 52, в); наконец, вертикально падающая жила говорит о третьей последней фазе движения — о небольшом сдвиге того же крыла на восток.

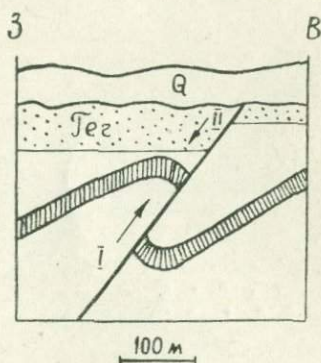
Для количественного определения фаз движения необходимо учитывать влияние каждой из них на предыдущие фазы. Так, возвращая северную часть жилы на место, мы несколько сдвигаем на запад и пласт I (северное крыло), чем увеличивается амплитуда второй фазы развития дизъюнктива.

В-третьих, современные геоморфологические и сейсмические наблюдения дают возможность количественно и качественно определить последние, современные фазы жизни дизъюнктива. В особенности ясно выступает влияние их на рельеф.

В-четвертых, как уже отмечалось, очень ясные документы фаз развития дизъюнктивов дают магматические, эманационные и осадочного генезиса жилы. Стратиграфическая последовательность жил обычно устанавливается достаточно надежно и сравнительно легко. Гораздо труднее определяется геологический возраст каждой из жил, значит, затрудняется и датировка фаз развития дизъюнктива.

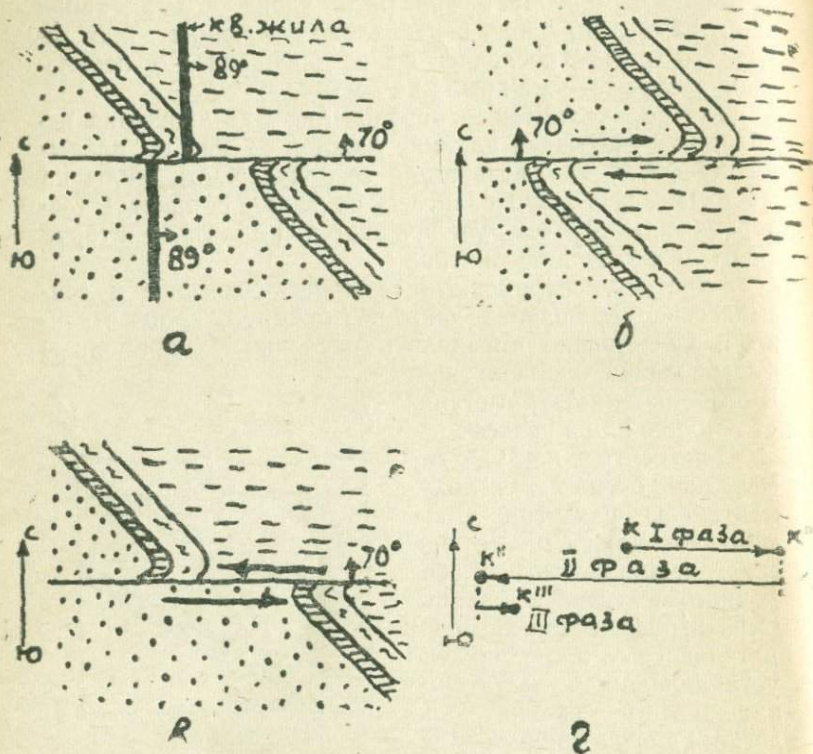
Но в ближайшие годы или десятилетия эта датировка достигает, вероятно, высокой точности благодаря усовершенствованию методов абсолютной геохронологии.

В-пятых, следует отметить, как основной метод, стратиграфо-тектоническую методiku исследования фаз изменения дизъюнктива. Она связана с учением о геологических формациях и с отмеченным выше методом



Фиг. 51. Двухфазный дизъюнктив (взброс и сброс)

восстановления фаз тектонической жизни. Примеры выше уже приводились.



Фиг. 52. Трехфазный дизъюнктив (а) и его фазы развития: б—первая, в—вторая; г—схема движения северного крыла относительно южного

Наконец, условием, определяющим возможность полного исследования фаз развития, является определение времени, когда прошла та или иная фаза развития.

В связи с этим мы можем пересмотреть смысл генетической классификации многофазных дизъюнктивов в связи с их сложным возрастом. Раньше генетическая классификация считалась идеалом. Если мы могли найти место дизъюнктива в генетической классификации, это считалось венцом научного исследования. А теперь? Можем ли мы сказать, что этот венец делу конец? Нет,

не можем. В самом деле, допустим, у нас в одну фазу дизъюнктив имел характер взброса, в другую образовался сброс; если именно такой у нас дизъюнктив, то какой же генетический ярлык мы на него повесим? Ясно, что раз дело идет о многофазных и разнородных в различные фазы дизъюнктивах, никакая генетическая классификация нас удовлетворить не может. Задача становится много сложнее, но и интересней. При этом решение задачи ближе отражает действительность, чем применение любой генетической классификации. Действительно, раньше в ней ставился лишь один вопрос: каким возник дизъюнктив. Но теперь нас интересует не только это, но и то, каким он был в каждую фазу своего развития; мы изучаем, в каких условиях и как шло это развитие в самых различных его формах, описанных выше; мы выясняем, каким, наконец, в итоге стал дизъюнктив. Таким образом, нужно решать не только вопрос о генезисе, но труднейшие вопросы истории развития многофазных дизъюнктивов.

В связи с этим, по-новому мы должны ставить вопрос и о возрасте дизъюнктивов. «Да, да... Нет, нет. Остальное от лукавого». Эта формула метафизика нас уже не удовлетворяет. Взгляните на фиг. 47. Какого возраста там изображен дизъюнктив? Стоит только нам закрыть глаза на нижний (I) этаж земной коры и мы скажем: дизъюнктив дочетвертичный, притом послетретичный. Ведь мы имеем третичные отложения, рассеченные дизъюнктивом. Но если мы обратим внимание на дотретичный фундамент, то там увидим следы дотретичного дизъюнктива. Таким образом, один и тот же дизъюнктив был и дотретичным, и послетретичным.

Вывод? Вывод тот, что в разных этажах земной коры (в разных геологических формациях) один и тот же дизъюнктив имеет различный возраст. Можем ли мы теперь принять за удовлетворительный ответ, если нам говорят, что возраст дизъюнктива—такой-то? В большинстве случаев—нет. Такой ответ удовлетворителен, если верен, лишь в случаях однофазного дизъюнктива.

Какие же основные выводы в итоге мы должны подчеркнуть в изложении методики диагностики дизъюнктивов?

1. При их исследовании мы должны отказаться от упрощенчества в их исследовании, вытекающего как следствие из метафизического взгляда на явления.

2. Хорошо придерживаться известного принципа: не следует брать дизъюнктивы изолированно; их надо изучать не по частям, а в целом, на фоне окружающего геологического строения. Иначе мы не отличим обратный и опрокинутый взброс друг от друга и от сброса. Мы не справимся и с расшифровкой внешне сходных, но глубоко различных по природе (конвергентных) дизъюнктивов.

3. Мы можем придерживаться далее еще одного известного принципа: исследовать условия возникновения и развития дизъюнктивов и различать их, если эти условия не одинаковы. Если мы будем придерживаться этого правила, то мы не допустим того недопонимания, которое проявилось у В. В. Белоусова, когда он сказал, что взброс есть лишь крутопадающий надвиг. Но что делать, если родина надвигов — верхний этаж земной коры, если взброс возникает в иных условиях, на большой глубине? Ведь можем мы допустить появление в изменившихся исторических условиях дислоцированного пологопадающего взброса. А разве складчатость не дала нам и крутопадающий надвиг (двух- или многофазный, выкрутившийся в одну из фаз развития)?

4. Далее, мы можем исходить из принципиально более правильного представления о дизъюнктиве. Дизъюнктив — часто весьма сложное геологическое явление, богатое содержанием, которое нельзя сводить ни к геометрии только, ни к механике. Его анализ нередко связан с изучением вулканических, метаморфических, сейсмических, рудообразующих и иных явлений и процессов.

5. Одним из главнейших принципов исследования дизъюнктивов нужно считать исследование их, как непрерывно-прерывисто меняющихся геологических явлений и структур. Это удовлетворительно можно сделать в свете и с позиций учения о геологических формациях.

6. Хорошо известно, что дизъюнктивы — важнейшее условие рудообразования; ведь рудолокализирующие дизъю-

юнктивы — один из самых эффективных поисковых критериев.

7. Наконец, не лишне заметить, что в вышеизложенном пособии каждый геолог мог познакомиться с новыми или малоизвестными, но широко распространенными их формами (послойные дизъюнктивы) или с трудно распознаваемыми их выражениями (вроде послойных дизъюнктивов).

Надо надеяться, что данное пособие будет полезным для более успешных поисков полезных ископаемых, смещенных дизъюнктивами или связанных с рудоносными дизъюнктивами. Вместе с тем более глубокое понимание дизъюнктивов поможет геологам зорче подметить новое, касающееся их природы, и позволит в будущем поднять исследования дизъюнктивов на новую, более высокую ступень. Так оно и будет.

ЛИТЕРАТУРА

- Апродов В. А. 1952. Геологическое картирование. Москва.
- Ажгирей Д. Г. 1956. Структурная геология. Изд. МГУ, Москва.
- Белицкий А. А. 1949. К вопросу о механизме образования кливажных трещин. Тр. Горно-геол. ин-та Зап.-Сиб. филиала АН СССР, вып. 6, Новосибирск.
- Белоусов В. В. 1954. Основные вопросы геотектоники. Госгеолтехиздат, Москва.
- Биллингс М. П. 1949. Структурная геология. Изд., иностр. лит., Москва.
- Вебер В. Н. 1937. Методы геологической съемки. Изд. 3, ОНТИ, Л.
- Виллис Б. Д. 1939. Структурная геология. ОНТИ, Ленинград.
- Елисеев Н. А. 1953. Структурная петрология. Госгеолтехиздат, Ленинград.
- Косыгин Ю. А. 1952. Основы тектоники нефтеносных областей. Гостоптехиздат.
- Лизс Ч. К. 1935. Структурная геология. ОНТИ, Москва.
- Молчанов И. А. 1935. Геометрический анализ поступательных дизъюнктивов. Маркшейдерский сборник, II, Томск.
- Маршалов И., 1922. Саралинская золотоносная группа. Горн. журнал, № 3—5.
- Музылев С. Л. 1954. Методическое руководство по геологической съемке и поискам. Госгеолтехиздат, Москва.
- Мушкетов И. В. 1889. Физическая геология, СПб.
- Мушкетовы И. В. и Д. И. 1936. Физическая геология. ОНТИ, Ленинград.
- Невин Ч. М. 1931. Основы структурной геологии. Нью-Йорк. На англ. яз.

Обручев В. А. 1932. Полевая геология. Т. I и II, ОНТИ, Москва.

Радугин К. В. 1941. Геология Горной Шории. Методика исследований. Рукопись в ТПИ.

Радугин К. В. 1941. Этюды по методике геологических исследований. Анализ развития тектоноструктур. Изв. Томского политехнического института, вып. 3, Томск.

Ситтер Л. У. 1960. Структурная геология. Изд. ин. лит.

Усов М. А. 1940. Структурная геология. Госгеолиздат. Москва.

Тетяев М. М. 1934. Основы геотектоники. ОНТИ, Ленинград.

Хаин В. Е. 1964. Общая геотектоника. Изд. «Недра». Москва.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
Морфология сместителей, поверхностей разрыва и зон дизъюнктивного смещения	16
Методика решения вопроса о наличии или же об отсутствии дизъюнктива	47
Качественное определение (диагностика) однофазных дизъюнктивов (Определение типа или вида и характера однофазного дизъюнктива)	92
А. Определение направления относительного смещения	92
Б. Определение направления «абсолютного» смещения	124
В. Определение характерных геологических черт дизъюнктива	126
Г. Количественное определение однофазных дизъюнктивов (Определение амплитуды однофазного дизъюнктивного перемещения)	160
Д. Исследование развития дизъюнктивов	173
Литература	188

Константин Владимирович Радугин

РАСПОЗНАВАНИЕ ДИЗЪЮНКТИВОВ

Томск, Изд. ТГУ, 1972, 190 с. + 1 вкл.

Старший редактор **В. С. Сумарокова**

Технический редактор **Р. М. Подгорбунская**

Корректор **Г. Г. Колесникова**

К303461. Сдано в набор 14/VI-68 г. Подписано к печати 4/X-72 г.
 Формат 84×108^{1/32}; объем печ. л. 5,9 + 1 вкл.; бум. л. 3; уч.-изд. 10
 Заказ 5017. Тираж 500. Цена 70 коп.

Издательство ТГУ, Томск-10, пр. Ленина, 36.
 Областная типография Управления по печати, Томск, Советская, 47.

539

Цена 70 коп.