

**Рудоносные
БРЕКЧИИ
И ИХ ПОИСКОВОЕ
значение**

АЛМА-АТА
1977

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ КАЗАХСКОЙ ССР
КАЗАХСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

РУДОНОСНЫЕ БРЕКЧИИ
И ИХ ПОИСКОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ

АЛМА-АТА, 1977



2495-

А Н Н О Т А Ц И Я

Тематический сборник посвящен своеобразным рудоносным брекчиям, широко развитым на рудных полях многих эндогенных месторождений, ассоциирующих с гипабиссальными и близповерхностными интрузиями. На конкретных материалах по алмазоносным кимберлитовым и трапповым железорудным трубкам, скарново-магнетитовым, медно-никелевым, медно-порфировым, штокверково-редкометальным, колчеданно-полиметаллическим и золоторудным месторождениям показано место и время проявления этих брекчий в ходе развития рудообразующих магматических и последующих гидротермальных процессов, а также закономерности размещения брекчиевых тел в структурах рудных полей и их морфологические особенности; охарактеризованы структурно-текстурные разновидности, состав и строение брекчий, их отношение к рудогенезису, этапам и стадиям рудоотложения и залежам промышленных руд; показано большое поисковое значение гидротермально-эксплозивных брекчий как специфических горных пород, занимающих промежуточное положение между собственно магматическими и рудно-гидротермальными образованиями; рассмотрены вопросы их систематики и генезиса.

Сборник представляет интерес для широкого круга исследователей, занимающихся геологией, поисками и разведкой магматогенных месторождений и вопросами рудогенеза.

ВНУТРИКОРОВЫЕ (СКРЫТЫЕ) МАГМАТИЧЕСКИЕ ЭКСПЛОЗИИ И РУДОГЕНЕЗ

Одним из важных достижений отечественной рудной геологии за последние 15—20 лет является выяснение огромной роли в рудообразовании скрытых магматических эксплозий, локализующихся в гипабиссальной и приповерхностной зонах земной коры. Продуктами таких эксплозий являются эруптивные и эксплозивно-гидротермальные брекчии, внешне чрезвычайно похожие на вулканические продукты (лавобрекчии, игнимбриты, агломератовые и песчито-псаммитовые туфы и туффиты), но залегают они, в отличие от собственно вулканических пород, в форме интрузивных даек, штоков, силлов и «трубок взрыва», не сообщавшихся с поверхностью в период образования. Другим важным отличием их от нормальных вулкаников является гидротермально-метасоматическое изменение брекчий и приуроченность к ним различных руд — конечных дифференциатов магм. Эти своеобразные геологические тела, как показали специальные исследования, возникают при эксплозиях магм и гидротермальных флюидов. Эксплозии зарождаются на глубинах менее 4—5 км и распространяются в геологических структурах преимущественно в направлении дневной поверхности, но не достигают ее в отличие от вулканических взрывов. Очаги таких скрытых эксплозий располагаются в апикальных частях, эндоконтактных зонах или внутри гипабиссальных и приповерхностных интрузий, обычно сопровождающихся интенсивными гидротермально-метасоматическими изменениями пород.

Существуют сотни публикаций, в которых показана тесная связь с эруптивными и эксплозивными брекчиями рудных месторождений железа, никеля, меди, полиметаллов, молибдено-

вых, медно-порфировых, касситерит-сульфидных, некоторых вольфрамовых, тантало-ниобиевых, золотых, золото-серебряных и других руд. Дискуссии по вопросам генезиса этих месторождений в значительной мере являются дискуссиями по вопросу о природе туфовидных брекчий, вмещающих руды и содержащих нередко округлые и остроугольные обломки руд в туфо- или эффузивовидной породе. Что касается рудных месторождений характерной воронкообразной формы (типа Брадена, Мало-Хинганского, Шерловогорского и др.), то вопросы генезиса брекчий являются ключевыми для понимания условий их образования, морфологии и структуры. В последние годы становится также очевидным, что углубленные исследования алмазонасных кимберлитовых трубок, даек и силлов приводят к постановке в этой специфической области геологии тех же общих теоретических вопросов генезиса внутрикоровых эруптивных и эксплозивных брекчий, которые уже давно были поставлены практикой изучения магматогенных рудных месторождений.

Привычное для геолога деление всего семейства магматических пород (и создавших их процессов) на плутонические и вулканические естественно распространилось и на рудогенез. Магматогенные рудные месторождения теперь многими подразделяются на плутогенные и вулканогенные. Поскольку рудоносные брекчий — продукты внутрикоровых эксплозий — внешне весьма похожи на рыхлые вулканические породы, то при таком делении все ассоциирующие с ними рудные месторождения автоматически попадают в класс вулканогенных со всеми вытекающими отсюда последствиями для построения геолого-генетических гипотез. По традиции считают, что всякая трубко- или воронкообразная структура в земной коре, заполненная магматической автобрекчией, может быть только вулканическим аппаратом центрального типа — жерлом вулкана, воронкой взрыва, «туфовой трубкой» и т. п. Между тем в свете новых геологических данных, это традиционное представление неверно, так как и воронкообразная форма структуры и ее заполнение магматическими эффузивоподобными породами совершенно типичны для эксплозий, не сообщавшихся с поверхностью, т. е. внутрикоровых, связанных с определенным развитием гипабиссальных и приповерхностных интрузий.

Без преувеличения можно сказать, что накопившиеся данные по геологии и генезису рудоносных брекчий, отраженные частично и в настоящем сборнике, ставят перед нами новую теоретическую проблему, актуальную и в практическом отно-

шении. Несколько аспектов этой проблемы представляются особенно важными для совершенствования теоретических основ поисков и разведки полезных ископаемых.

Обращает на себя внимание тот факт, что скрытые эксплозии свойственны практически всем типам магм (ультраосновной, основной и кислой) и всем интрузивным дифференцированным комплексам, формировавшимся в условиях малых глубин. Это дает основание полагать, что существуют общие причины возникновения в земной коре скрытых эксплозий. Их надо искать, очевидно, в тех природных механизмах формирования дифференцированных интрузий, которые приводят к прекращению движения магматических колонн в земной коре, в приповерхностной ее зоне. Вопрос о том, почему десятки и сотни гигабиссальных интрузий, развитых в том или ином рудном районе, не достигли в своем движении дневной поверхности, когда магме оставалось проложить путь всего в 1—3 км для того, чтобы «дьявол оказался на свободе», не прост. Представляется, что его решение поможет понять причины локализации в приповерхностной зоне Земли главной массы месторождений эндогенных полезных ископаемых и продуктов скрытых эксплозий.

Подавляющая масса магматогенных месторождений различных металлов, как известно, формируется в земной коре на глубинах менее 4—5 км, в области гигабиссальной и субвулканической фаций глубинности. Изучение рудных районов дает много примеров того, что именно в этой области возрастает степень дифференцированности магматических комплексов. Верхние части магматических комплексов (их фронтальные зоны) наиболее сложны по морфологии, фазовому строению и вещественной неоднородности. Здесь, в области затухания магматических колонн по восстанию, сосредотачиваются различные сателлиты крупных плутонов, рои даек, мелкие дополнительные интрузивы, а также основная масса связанных с данным комплексом гидротермально-метасоматических образований, включая руды. В этой области затухания интрузивных магматических колонн по восстанию располагаются и брекчиевые породы, сформированные при скрытых эксплозиях. Они, таким образом, в широком смысле являются фацией фронтальных зон дифференцированных интрузивных комплексов, формировавшихся на глубинах менее 5 км.

Фронтальные части магматических колонн в силу многих причин более всего обогащаются водой, щелочами и другими минерализаторами, а также металлами. Подобная специали-

зация магм в верхних частях колонн в земной коре происходит рано (до консолидации главных магматических масс) и потому предопределяет более полное развитие последующих процессов их дифференциации, в частности жидкостной (ликвации). Иными словами, эта вещественная специализация делает магматическую систему особенно неравновесной как раз в приповерхностной зоне земной коры. Здесь в одном направлении начинают действовать многие независимые факторы: нарастающее снизу вверх обогащение магм водой и другими летучими, внутреннее давление которых растет пропорционально их концентрации; снижение литостатической нагрузки и повышение трещиноватости и пористости пород, приобретающее скачкообразный характер на некоторой глубине (менее 5 км); увеличение по мере приближения магм к дневной поверхности градиентов температур и давлений в системе интрузив — вмещающие породы. При некоторых соотношениях характеристика гомогенная магматическая система становится неустойчивой и неизбежно превращается в гетерогенную, т. е. дифференцируется, самораспадается. Существенно эволюционное развитие процесса дифференциации в колонне интрузирующей магмы к эксплозиям не приводит, хотя и сопровождается определенным расширением фронтальных частей магматической колонны. Такое эволюционное развитие процессов дифференциации (включая газовую дестилляцию и эффекты адиабатического расширения газов) запечатлевается в морфологии и структуре лакколлитов, этмолитов, грушеобразных бисмалитов, интрузий грибовидной и сложноразветвленной вверх по восставанию форм, т. е. во всех тех, которые характеризуются закономерным увеличением объема магматической породы в верхних частях plutонов при относительно небольших поперечных сечениях «ножки». Интрузии с такими морфологическими особенностями отличаются интенсивными аутометасоматическими изменениями, повышенной первичной пористостью пород и другими признаками, свидетельствующими о богатстве магм летучими. Их апофизы, впрочем, часто сопровождаются и эксплозивными брекчиями.

Но при особенно резких градиентах в системе интрузирующая магма — вмещающие породы весь процесс дифференциации приобретает бурный, взрывообразный характер, что и приводит к возникновению эруптивных и гидротермально-эксплозивных брекчий. Такие условия могут создаваться при большой пересыщенности магм газовой-флюидной фазой, быстром подъеме магматической колонны, вторжении ее в область пород высокой пористости (например, при переходе из крие-

таллического фундамента в слоистый чехол) и т. п. Существенно то, что внутреннее давление в пересыщенной газами магме (или флюиде) на определенном уровне ее (его) восстающего движения начинает значительно превышать внешнее давление со стороны вмещающих пород и потому магматическая колонна увеличивается в объеме быстрее, чем осуществляется компенсационное уплотнение боковых пород, складчатые деформации или раздвигание структурных блоков. Происходит дробление, перемешивание обломков и их транспортировка на те или иные расстояния в участки с пониженным давлением.

Автор, таким образом, полагает, что характерный морфогенез гипабиссальных и вообще приповерхностных интрузий, их высокая дифференцированность и сопутствующие скрытые эксплозии — явления, тесно взаимосвязанные, приводящие в совокупности к приостановке восстающего движения и отмиранию магматических систем. В этом смысле зона глубин от 4—5 км до поверхности с присущими ей характеристиками является трудно преодолимым барьером для колонии мантийных и мантийно-коровых глубинных магм.

Упрощенная схема развития процесса самой скрытой эксплозии такова: подъем гомогенной глубинной жидкости (магмы, флюида) — ее расширение и вскипание — превращение в смесь жидкостей, твердых фаз и газов — взрывоподобное обособление газов — их последующая конденсация и переход в растворы. Дробление пород происходит в условиях резкой смены локального сжатия на расширение из-за утечки газов по трещинам и их конденсации. Оно может неоднократно сменяться направленным перемещением раздробленной массы пород, т. е. интрузиями типа «валунных даек», силлов или штоков, вследствие пульсационного поступления новых порций глубинной жидкости в пределы объема пород, вовлеченных в эксплозию. Отделяющиеся газы вызывают дальнейшее раздробление и разрыхление пород (на стадии дистилляции) и их метасоматическую переработку (на стадии конденсации). К сказанному добавим, что в среде сжатых литостатическим давлением слоистых и массивных кристаллических пород обычные эффекты взрыва — коническая форма взрывной воронки и пирокластическое сложение раздробленного материала — возникают уже при двух-трехкратном увеличении объема интрузирующей магматической или флюидной колонны, если оно происходит на коротком расстоянии ее движения, т. е. достаточно быстро.

Из всего сказанного видно, что рудоносные эксплозивные брекчи представляют собой своеобразные переходные обра-

зования между эффузивно-пирокластическими и нормальными плутоническими. С первыми их сближает эффузивный облик материнских пород (следствие быстрой раскристаллизации магм), пирокластический характер их дробления и отчасти морфология масс обломочных пород, слагающих в простейшем случае воронкообразные тела. Со вторыми они связаны непосредственно генетически, будучи побочными продуктами процесса внутрикоревой магматической дифференциации, протекающей особенно бурно в малоглубинных интрузиях специализированных по составу магм.

Из сказанного также следует, что своеобразие соотношений магматических пород, руд и метасоматически-измененных пород, свойственное структурам скрытых эксплозий, свидетельствуют о существовании теснейших генетических и пространственных связей между ними. В сущности, мы имеем дело с очень специфическим типом рудно-магматических систем, главная особенность которых — бурное течение процесса дифференциации интродуцирующих материнских магм, следствием чего является определенная геометрия систем (трубки взрыва, пучки жильных тел, штокверки конической симметрии) и пространственная сближенность, а нередко и совмещенность магматических, флюидных и газово-гидротермальных фаз этих систем. Сама эта совмещенность (сближенность) обусловлена тем, что близкосодейственные по времени возникновения фазы (расплавы, флюиды, газы) хотя и резко различались по условиям раскристаллизации, но в условиях замкнутого пространства они преимущественно накладывались одна на другую, не разобщаясь по побочным структурным каналам слишком далеко. Это замкнутое пространство, конечно, не ограничивалось контурами интрузива и массы сопутствующих брекчий: окружающая их система трещин служила каналами для оттока газов в моменты резкого возрастания давлений в зоне брекчиеобразования. С этим связаны нередко наблюдаемые ореолы жил и минерализованных трещин вокруг масс рудоносных эксплозивных брекчий. Отмеченные особенности развития рудно-магматических систем с внутрикоревыми эксплозивными брекчиями по существу противоположны условиям развития собственно вулканической системы, главной особенностью которой является прямая связь с поверхностью взрывающейся (или вспучивающейся) в пределах жерла магматической колоны. В первом случае процессы дифференциации ведут к локализации рудных образований в определенном замкнутом объеме, во втором — к рассеиванию рудных веществ вместе с выбросами газа и вулканического пепла.

Рассмотрим еще один аспект проблемы скрытых взрывов, обуславливающий сложность классификации рудоносных брекчий и необходимость комплексного геолого-петрологического и рудогенетического подхода к их изучению.

В практике своей работы автор различал несколько разновидностей брекчий и механизмов их формирования.

Э р у п т и в н ы е б р е к ч и и — образования, состоящие из обломков магматической породы ранней фазы, сцементированных магматической породой второй фазы. Простейший случай представляют двухфазные брекчин, но известны трехфазные и более сложные эруптивные брекчин. Обломки ранних фаз были подвергнуты аутометасоматическим изменениям еще до их раздробления. Иногда среди них присутствуют и обломки массивных руд, сформированные до внедрения и раскристаллизации поздней магматической фазы, выступающей в качестве цемента брекчин.

Собственно взрывные брекчин состоят из обломков материнских магматических или вмещающих боковых пород или тех и других одновременно, сцементированных тонкоизмельченным материалом того же состава. Хотя обломки пород нередко бывают оруденелыми и их взаимоотношения отражают неоднократную смену рудоотложения взрывным дроблением, максимальному гидротермальному изменению и оруденению подвергается более поздний по времени образования цементирующий материал. Главную роль при дезинтеграции пород в этих брекчин несомненно играли прорывы сжатых газов, а при минерализации пород, носящей все характерные черты метасоматоза, — дистилляционные растворы, пропитывавшие тонкоизмельченные породы. В отличие от эруптивных и рассматриваемых ниже взрывно-гидротермальных эти брекчин обычно не испытывают в процессе образования и позже заметных инъективных перемещений и потому обломки не подвергаются заметному «обкатыванию» и сохраняют присущую им остроугольную форму.

К взрывно-гидротермальным отнесены брекчин, состоящие из тех же по составу обломков пород, что и брекчин взрывные, но сцементированные либо сплошными рудными массами (что типично для сульфидных и некоторых железорудных месторождений), либо жильным материалом, содержащим гнезда и включения рудных минералов. В обоих случаях цемент представляет собой продукт раскристаллизации высококонцентрированных сложных по составу гидротермальных жидкостей, которые при быстрой раскри-

таллизации дают либо сплошные тонкозернистые массы с эмульсионными и субграфическими сростками минералов, либо сложные колломорфные агрегаты, либо неравнозернистые жильные массы со ступковыми образованиями рудных.

Все эти три разновидности брекчий могут быть встречены порознь или вместе на одном месторождении и иметь сложные пространственно-временные соотношения. По времени образования эруптивные брекчии обычно являются более ранними и потому встречаются в виде обломков в брекчиях эксплозивно-гидротермальных. Собственно эксплозивные брекчии, по видимому, часто предшествуют эксплозивно-гидротермальным.

Транспортировка обломочного материала осуществляется как поздними магматическими расплавами, так и концентрированными гидротермами до начала их быстрой раскристаллизации, причем жидкости в обоих случаях играют роль не только смазки, снижающей вязкость всей динамической системы, но и среды, обеспечивающей гидродинамическую ее целостность и передачу интрузивного напора. Иными словами, мы имеем дело со своеобразными интрузиями гетерогенного материала, напоминающего материал селя или грязекаменного потока по соотношению твердой и жидкой фаз. Громадная работа сил трения с одновременным воздействием на обломки расплавов или гидротермальных флюидов приводит к обкатыванию крупных обломков твердых пород, приобретающих форму валунов и галек, дополнительному захвату обломков вмещающих пород из стенок каналов, новым раздроблению пород и фенокристаллов. Поэтому помимо трех упомянутых выше разновидностей брекчий на практике следует различать в разной мере п е р е м е щ е н н ы е эруптивные и эксплозивно-гидротермальные брекчии. Масштабы перемещений могут быть оценены при специальных структурно-морфологических исследованиях, картировании характерных ксенолитов в массе брекчий, захваченных при прохождении ими тех или иных маркирующих слоев в стенках каналов, и другими путями.

Особенности состава и сложения рассмотренных брекчий, как и их временные и пространственные соотношения с субфазами интрузий магм, отражают сложный, пульсационно развивающийся процесс дифференциации материнского плутона. Образование тех или иных массивных магматических пород (даек, мелких штоков и силлов), эруптивных и эксплозивных брекчий, различных метасоматических пород и руд представляет собой лишь звенья единой цепи событий, развитие которых шло слишком бурно для того, чтобы была утеряна видимая связь между этими звеньями. Из всего сказанного следует,

что эруптивные, эксплозивные и эксплозивно-гидротермальные брекчии представляют собой то переходное звено между процессом магматического петрогенеза и магматогенного рудообразования, исследование которого приобретает принципиально важное значение для разработки учения о магматогенных месторождениях полезных ископаемых.

З. М. НУРБАЕВ

РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ЭКСПЛОЗИВНЫХ БРЕКЧИЙ В ЭНДОГЕННОМ РУДООБРАЗОВАНИИ

Общезвестно, что некоторые весьма важные промышленно-генетические типы эндогенных месторождений представляют собой эксплозивные брекчиевые трубки. Это прежде всего алмазоносные кимберлиты, некоторые скарново-магнетитовые, штокверковые и карбонатитовые месторождения редких и редкоземельных элементов. Брекчии в подобных месторождениях всегда привлекали пристальное внимание исследователей как в теоретическом, так и в практическом плане. Имется обширная отечественная и зарубежная литература в виде отдельных научных статей, крупных сводок и монографий, в которых освещены те или иные аспекты изучения рудоносных брекчий, ассоциирующих с ультраосновными-щелочными, щелочно-основными и основными интрузиями древних платформ и щитов. Особенно значительные успехи достигнуты у нас в изучении брекчиевых образований алмазоносных кимберлитов Якутии и трапповых железорудных трубок Ангаро-Илимского района. Алмазоносные кимберлитовые и железорудные трапповые брекчии Сибирской платформы имеют много общего между собой как по положению в тектонических структурах и стратиграфическом разрезе платформенного чехла, так и по морфологии и внутреннему строению самих трубок. Они всесторонне изучены целым рядом сибирских геологов, а интересующие нас сведения имеются в работах А. П. Бобрневича, В. С. Соболева [22], Ю. П. Хильтова [222, 223], Г. Г. Морра [133], В. В. Ковальского [95, 96], Г. В. Зольникова, В. К. Маршинцева [70], А. А. Меняйлова [128, 129], Е. В. Францессона [211, 212], В. С. Трофимова [197, 198], А. В. Харьковца и др. [216], М. Л. Лурье, С. В. Обручева [121], Ю. М. Шейнманна [226], а также в коллективных трудах:

«Ангаро-Илимские железорудные месторождения» [4] и «Главнейшие железорудные месторождения Сибири» [51].

Кимберлитовые брекчиевые трубки Якутии являются основным коренным источником алмаза, хотя промышленные его концентрации встречаются и в однородных телах — дайках, жилах, редко силлах кимберлитов. Железорудные брекчиевые трубки известны практически всюду в ареалах развития траппового магматизма Сибирской платформы, на юге которой они образуют целый ряд крупных месторождений с большим промышленным потенциалом. Те и другие в основном залегают в карбонатно-терригенных отложениях нижнего палеозоя, приурочиваясь к крупным разломам, а единичные трубки встречаются и в толщах пермо-триаса. В Ангаро-Илимском и Средне-Ангарском районах железорудные трубки образуют линейные и росевые группировки из нескольких тел, которые приурочены к участкам развития складок ангарского типа, связанных с каркасом разломов в кристаллическом фундаменте и их отражением в платформенном чехле (51). Кучное размещение трубок и наличие спутниковых тел характерно и для кимберлитов.

Размеры кимберлитовых трубок колеблются от первых метров до 1,5 км в поперечнике, а трапповых — от нескольких десятков и первых сотен метров до 2400 x 700 м (4, 198). Обычные их формы: округлые, овальные, эллипсоидные, реже груше- и гантелеобразные, неправильно-изометричные, подковообразные, удлинённые. Внешние их контуры плавные или извилистые. Некоторые из них образованы комбинацией кольцевых и радиальных эруптивных структур, благодаря чему центральная трубка имеет несколько радиальных «язычков» (например, Капаевская трубка [51]). Как правило, в самой верхней части брекчиевых трубок располагается воронкообразный раструб с углом конусности от 50 до 70°. Наиболее пологий раструб прослеживается до глубины 50—100 м, затем трубка, постепенно сужаясь, на глубине 300—400 м переходит в цилиндрическое тело, которое на глубинах 500—600 м иногда приобретает щелевидную, овальную или дайкообразную форму. Наблюдаются случаи, когда две или более брекчиевые трубки на глубине соединяются дайковидным каналом кимберлита. Оси трубок обычно вертикальные, реже крутонаклоненные. По краям крупных брекчиевых трубок вмещающие породы, залегающие вдали от них почти горизонтально, образуют чашеобразный прогиб с центростремительным нагибом в сторону трубки до 40—50, реже до 70—80° (например, Рудногорская трубка [4]). На основании имеющихся

данных по глубоким скважинам и интерпретации геолого-геофизических материалов большинство исследователей приходит к выводу о том, что зарождение кимберлитовых и трапповых брекчиевых трубок происходит на разных уровнях: бывают трубки глубокого (2—4 км) и малоглубинного (менее 1 км) заложения. Отмечаются случаи, когда слепые силловые и дайковые залежи кимберлитов и трапповых базальтов на концах выклинивания сопровождаются локальным брекчированием [226].

Брекчиевые трубки кимберлитов и траппов отличаются лишь составом цементирующего материала и обломков магматических пород. В качестве цемента преобладает кластический или магматический материал соответственно ультраосновного или основного состава. Обломки кимберлитов или траппов доминируют в глубоких частях брекчиевых трубок, т. е. вблизи магматического источника. Обломки вмещающих пород на той или иной глубине обычно отвечают по составу коренным породам примерно того же уровня. Редко отмечаются обломки со значительных глубин, еще реже — из кристаллического фундамента. Отдельные участки трубок бывают сложены существенно магматическим или туфовым материалом с незначительным количеством обломков вмещающих пород или вовсе без них. Их размеры варьируют от нескольких миллиметров до 15—20 см, нередко присутствуют крупные блоки пород — от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров. Форма обломков обычно полукруглая и остроугольная. В железорудных трапповых трубках до разведанных глубин (600—700 м), а в кимберлитовых — до 200—400 м каких-либо закономерных изменений в содержании алмаза не наблюдается, а со значительным ростом глубины оно в общем случае падает. При этом отмечается некоторая функциональная зависимость между концентрацией алмаза и удельным количеством обломочного материала в брекчиевой трубке: при уменьшении количества обломков с глубиной содержание алмаза падает. Таким образом, можно говорить о некотором оптимальном соотношении цементирующего кимберлитового и обломочного материала, благоприятном для сравнительно равномерно концентрированного распределения алмаза в пределах отдельных брекчиевых трубок.

В существующей литературе господствует мнение о том, что кимберлитовые и железорудные трубки Сибирской платформы, генетически связанные соответственно с глубинной ультраосновной и основной магмой, образовались в результате взрыва туфового вулкана [4, 121]. При этом произошло мно-

гократное (по крайней мере не менее 2—4 импульсов) внедрение эруптивного магматического и туфового материала [33, 212, 216]. Очаги взрыва, связанные как с более глубинным источником магм, так и с отдельными силловыми залежами внутри верхнего структурного этажа, находились на различных (2—4 и менее 1 км) глубинах [4, 51, 198]. Трубочатые тела брекчий, имеющие в основном цилиндрическую и воронкообразную форму, представляют собой заполнения вулканических жерловин, продукты выброса из которых, как полагают сторонники этой гипотезы, уничтожены эрозией. Действительно, в большинстве алмазоносных провинций мира продуктов выброса не отмечалось, лишь признаки некогда существовавшего вокруг жерловин рыхлого материала сохранились вблизи трубок Мвадук и Мовуки в Танзании [198]. Точно также трапповый магматизм, с которым генетически связаны железорудные месторождения юга Сибирской платформы, проявлен в интрузивной форме — в виде мелких штоков, даек и силловых интрузивов; ни в одном из детально изученных месторождений Ангаро-Илимского и Средне-Ангарского районов покровных образований, туфов, туфобрекчий (кроме заполнений трубок взрыва) не обнаружено. Наряду с брекчиевыми телами, выходящими на поверхность, известны кимберлитовые и трапповые брекчиевые дайки, жилы, камеры и раздувы, соединяющиеся между собой проводниками, а также ветвящиеся инъекции, часть из которых выклинивается во вмещающих породах, и трубочатые тела с многоярусными трапповыми силлами [129, 216]. На основании этих фактов, подкрепляемых теоретическими соображениями, ряд исследователей достаточно аргументированно полагает, что брекчиевые трубки образуются не в результате вулканического взрыва, а как следствие внутрикоровых закрытых газово-жидкостных эксплозий, вызываемых особенностями дифференциации кимберлитовой или трапповой магмы в гипабиссальных и малоглубинных условиях конкретной геологической среды [76, 100, 199, 215]. Принципиальная схема образования железорудных трубок Ангаро-Илимского района изображена на рис. 1 (по П. Ф. Иванкину, 1970). Имеется и другая точка зрения, согласно которой брекчиевые трубки образуются в результате совместного действия тектонических и гидротермально-метасоматических факторов [128].

В месторождениях указанных типов каждая брекчиевая трубка, дайка или жила представляет собой рудовмещающую

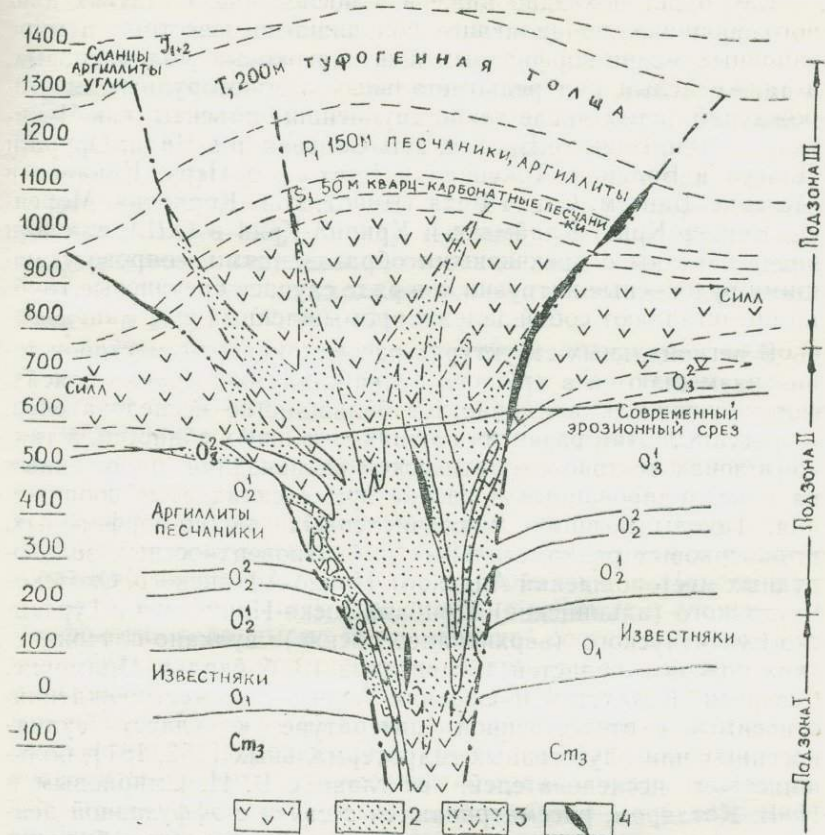


Рис. 1. Идеализированный разрез Ангаро-Илимских железорудных трубок с реставрацией их эродированных частей, по П. Ф. Иванкину [76]. Подзоны I, II, III — уровни соответственно Шестаковского, Красноярского и Рудногорского, Капаевского месторождений; 1 — траппы; 2 — взрывные брекчии траппов, скарированные и оруденелые; 3 — скарированные траппы; 4 — жильные магнетитовые руды

структуру и в зависимости от степени минерализации — непосредственно рудное тело. Здесь проблема поисков и разведки месторождений, определения морфологии рудных тел, установления рудоконтролирующих структур и, наконец, генезиса оруденения одновременно является проблемой взрывных брекчий. Для подобных месторождений брекчии имеют решающее поисковое значение.

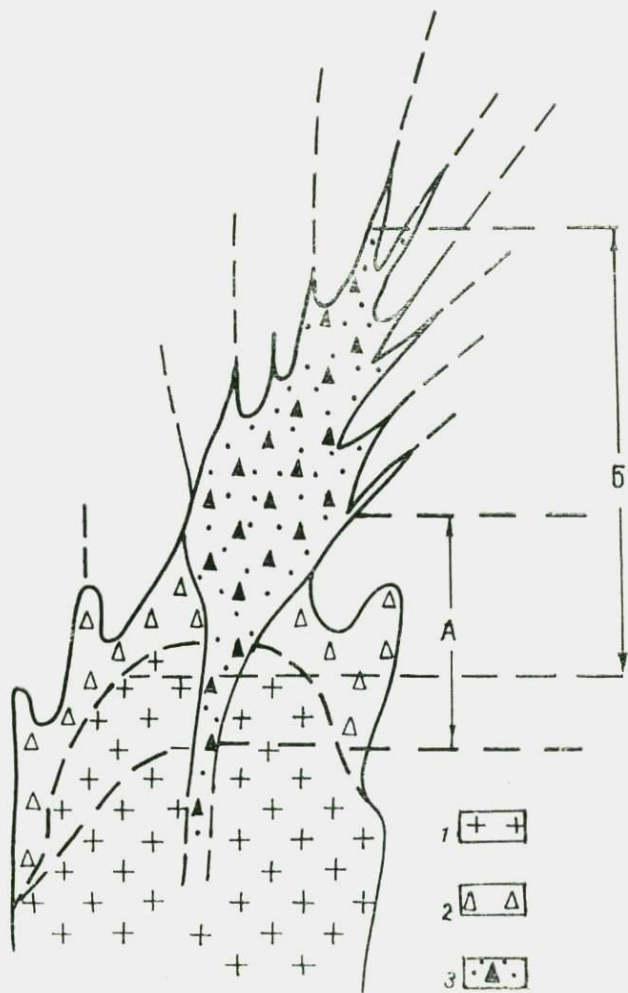
Как будет показано ниже и в последующих статьях данного сборника, подавляющее большинство известных в мире типичных медно-порфировых и штокверковых молибденовых, а также целый ряд редкометальных и золоторудных месторождений, в том числе такие крупнейшие объекты, как Чукикамата, Рио-Бланко, Браден, Эль-Сальвадор в Чили, Оруро и Ллагуа в Боливии, Токепала и Куахоне в Перу, Кананса в Мексике, Бингем, Санта Рита (Чинно), Нью-Корнелия, Моренси, Коппер-Крик, Клаймакс и Крипл-Крик в США, так или иначе связаны с брекчиевыми образованиями, сопровождающими рудоносные интрузии, а в ряде случаев брекчиевые трубки представляют собой залежи промышленных руд.

В региональных структурах рассматриваемые месторождения размещаются в крупных вулканоплутонических поясах, формирующихся, как полагает большинство исследователей, в орогенный этап развития геосинклинальных областей, а также в зонах тектоно-магматической активизации, наложенных на консолидированные в разное время складчатые сооружения. Таковы позиции многочисленных медно-порфировых, штокверковых редкометальных и близповерхностных золоторудных месторождений Андского, Ирано-Афганского, Охотско-Чукотского (альпийские), Прибалхашско-Илийского и Тургайско-Букентауского (верхнепалеозойские) вулканоплутонических поясов и областей активизации (Забайкалье, Приморье, Северный Казахстан и Средняя Азия). Эти месторождения, относимые в отечественной литературе¹ к классу вулканогенных или плутогенных гидротермальных [153, 181], большинством исследователей, во главе с В. И. Смирновым и Н. В. Котляром, рассматриваются в связи с эффузивной деятельностью в широком смысле слова, а рудоносные брекчии в них — как определенные фации вулканогенных пород, в частности как жерловые образования древних вулканических аппаратов [103—107, 181, 203, 231]. Однако в региональных вулканических поясах эти месторождения, хотя и располагаются в ареалах развития эффузивного магматизма, но обнаруживают более тесную пространственно-временную связь с поздне- и поствулканическими гипабиссальными интрузиями, входящими в состав сложных вулканоплутонических формаций [104, 204, 263, 271]. При этом интрузивы и сопровождающие их рудоносные брекчии часто приурочиваются к более древним вулканическим аппаратам и интродуцируют их. В областях тектоно-магматической активизации они также связаны с мелкими молодыми интрузивами, нередко проявляющимися без эффузивов, например север Центрального Казахстана

на [151]. Следует заметить, что при известных общих успехах в изучении месторождений этого класса у нас в стране эксплозивным брекчиям, как рудовмещающим образованиям, до недавнего времени должного внимания не уделялось. Примером тому являются многочисленные медно-порфировые месторождения Казахстана, в которых рудоносные брекчии стали выделяться только в последние годы, после того как было показано большое их поисковое значение на примере Медного Коунрада [148, 149]. Между тем при изучении аналогичных месторождений зарубежные, особенно американские и канадские, геологи издавна уделяли большое внимание рудоносным брекчиям [34, 47, 59, 163, 224, 239—272].

Анализ отечественной и зарубежной литературы позволяет утверждать, что в указанных региональных структурах рудоносные эксплозивные брекчии характерны почти для всех магматогенных месторождений, ассоциирующих с гипабиссальными и субвулканическими интрузиями кислого и умеренно кислого состава. Интрузии эти, как правило, многофазны и характеризуются пестрым составом (от габбро-диоритов до гранитов и граносенитов), сложным внутренним строением и разнообразием текстурно-структурного облика. Породы ранних фаз обычно слагают относительно крупные и сложные по морфологии тела, имеют более основной состав и равномерно-полнокристаллическое строение. Интрузивы же поздних фаз, с которыми непосредственно связаны брекчии и оруденение, отличаются более кислым (иногда субщелочным) составом и непременно порфировой структурой. Это порфировидные гранодиориты, граниты, граносениты, гранодиорит-, плагиогранит-, гранит- и монцонит-порфиры, дацитовые и кварцевые порфиры. Характерные их формы: изометричные и эллипсоидальные мелкие массивы и штоки, а также плитообразные и кольцевые дайки. Наблюдаемые пространственно-временные взаимоотношения различных фазовых и фацальных разновидностей интрузивных пород свидетельствуют об интенсивной дифференциации и расслоении магмы в условиях малых глубин.

Рудоносные брекчии в рассматриваемых месторождениях сопровождают мелкие интрузивы, штоки и дайки поздних фаз, располагаясь в апикальных частях и вдоль их эндоконтактов, а также во вмещающих породах по восстанию интрузий (рис. 2). Здесь они, судя по составу цементирующего материала и взаимоотношениям с материнскими интрузивами, представляют собой либо автомагматические (собственно интрузивные), либо эксплозивно-гидротермальные образования.



Р и с. 2. Схема размещения рудоносных брекчий относительно материнского интрузива на штокверковых медно-молибденовых и редкометальных месторождениях:

1 — рудоносный шток порфировых гранитоидов; 2 — автомагматические и взрывные брекчий эндоконтактных зон; 3 — взрывно-гидротермальные брекчий; А и Б — оптимальные интервалы соответственно редкометального и медно-порфирового оруденения

Брекчии в первом случае слагают эндоконтактовые краевые и фронтальные зоны интрузивов, а во втором — образуют самостоятельные трубчатые, реже сложные по морфологии тела, дайки и жилы, секущие как вмещающие породы, так и интрузивы; в их цементе преобладает соответственно то магматический, то гидротермально измененный тонкокластический материал. Всю эту совокупность мелких интрузивов, штоков и даек, автомагматических брекчий краевых и фронтальных зон интрузивов и эксплозивно-гидротермальных брекчий всех стадий можно рассматривать как единую рудообразующую систему, которая возникает и развивается в заключительные этапы становления глубинного магматического очага. Тесная взаимосвязь процессов орогенного вулканизма и интрузивного магматизма вулкано-плутонических поясов и зон тектоно-магматической активизации, завершившихся эксплозивным и эксплозивно-гидротермальным брекчированием, метасоматическими изменениями и отложением руд, показана на материалах Забайкалья, Приморья, Северо-Востока СССР и Камчатки Н. В. Котляром [103—107], М. А. Фаворской [202, 204], Г. М. Власовым [43], Андского пояса К. Кентсом (K. Kents [257]), Р. Н. Силлитой и Ф. Дж. Савкинсом (R. H. Sillitoe, F. J. Sawkins [266]), Аризоны С. К. Крейзеером и Р. В. Кистлером (S. C. Creasey, P. W. Kistler [247]), Западных Кордильер К. Ф. Кларком (K. F. Clark [245]), Британской Колумбии Н. К. Картером (N. C. Carter [243]), а также Дж. Е. Ричеем (J. E. Richey [263]), Р. Т. Уолкером (R. T. Walker [271]) и другими исследователями.

Говоря о морфологии эксплозивно-гидротермальных брекчиевых тел, следует заметить, что наблюдаемые на изученных рудных полях трубчатые, линзовидные и неправильные их формы со сравнительно большим горизонтальным сечением характерны лишь для некоторого оптимального интервала по вертикали. Кверху они распадаются на мелкие апофизы и жилы, выклинивающиеся в значительном куполовидном объеме вмещающих пород, а внизу переходят в цилиндрические и плитообразные тела с небольшим поперечным сечением (рис. 2). В этом отношении весьма показательны формы брекчиевых тел на месторождениях Коунрад и Коксай в Казахстане, Цумб в Юго-Западной Африке, Восточная брекчия рудного района Канана в Мексике [163], Коннер-Крик в Аризоне [34] и т. д. На Коксае рудоносная Западная брекчиевая трубка на поверхности и верхних горизонтах представлена целой серией апофиз, соединяющихся внизу в единое трубчатое тело, прослеженное до глубины 1200 м. На месторождении

Цумеб, по данным В. Д. Перри, минерализованная трещина на глубине 570 м переходит в овальную брекчиевую трубку размерами 150×75 м, которая прослеживается до горизонта 1000 м. В Кананеа лизовидные на поверхности восточный и западный отроги Восточной трубки на глубине 360 м соединяются в одно трубкообразное тело сечением 240×90 м [163]. Важно подчеркнуть, что брекчии этих месторождений, так же как многофазные интрузии, формируются в несколько этапов, что подтверждает многоэтапный прерывисто-пульсационный характер становления рудно-магматической системы [245, 265, 266]. Так, по данным К. Ф. Кларка [245], на месторождении Клаймакс выделяются четыре «пирогенно-гидротермальных фазы», каждая из которых сопровождалась брекчированием, гидротермальной деятельностью и отложением руд, на месторождении Босс Моунтейн отмечено три этапа брекчирования, [245], на Коураде — два [148] и т. д. Многостадийный прерывисто-пульсационный характер интрузивной и гидротермальной деятельности установлен Е. Ройдером (E. Roeder [265]) на месторождениях Бингем, Бат и Клаймакс. Несколько «межминеральных и постминеральных» фаз интрузивных брекчий отмечено Н. К. Картером [243] на медно-молибденовых месторождениях Гранайсл Коннер, Алайс Арм Дистрикт и Берг в центральной части Британской Колумбии.

Промышленные руды упомянутых месторождений приурочены к брекчиевым телам, а также к апикальным частям и эндоконтактовым зонам интрузивов. В большинстве рудных полей промышленное оруденение наблюдается и в брекчиях, и в интрузивах, с переменным преобладанием. В ряде случаев, например, на месторождениях Браден [224], Эль-Сальвадор [269], Токенала [163], Кананеа [163], Медного бассейна Аризоны [59], Цумеб [163], Актюз [138] и др., рудные залежи целиком представлены брекчиевыми трубками. Характерной чертой структуры подобных трубчатых месторождений является кольцевое строение и концентрическая эндогенная зональность оруденения, иногда с безрудным центральным ядром (Браден, Клаймакс, Токенала, Санта Рита, Бингем). В этом смысле интересна гипотетическая схема размещения медно-порфировых месторождений относительно материнского интрузива, построенная А. Х. Джеймсом (A. H. James [254]) на примере месторождений Бингем, Санта Рита (Чино), Рэй и Браден (рис. 3). Согласно представлениям указанного автора, рудоносная структура этих месторождений имеет форму опрокинутой чаши, как бы надетой на гранитоидный шток. Наблюдаемые в настоящее время морфологические особенно-

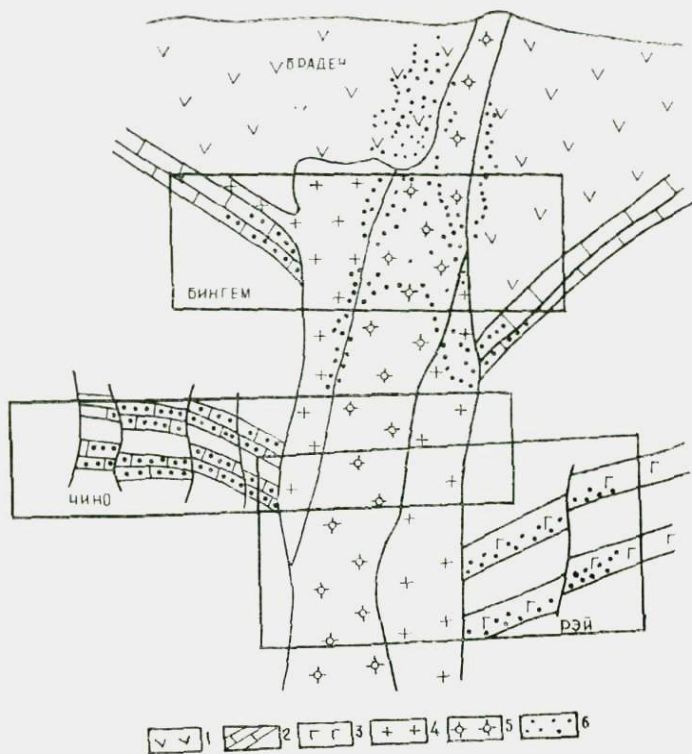


Рис. 3 Схематическая модель медно порфирового оруденения, связанного с интрузивным комплексом до А. Х. Джеймсу (А. Н. James [254]):

- 1 — трещинные вулканиты; 2 — палеозойские известняки;
 3 — докембрийские диабазы; 4 — граниты; 5 — гранит-порфиры; 6 — медное оруденение

сти подобных месторождений объясняются деятельностью по-
 струдных интрузивных, тектонических и эрозийных процессов [254]. Типичные примеры теснейших пространственных и вре-
 менных взаимоотношений промышленных руд с материнскими интрузивами, с одной стороны, и сопровождающими их мине-
 рализованными эксплозивными брекчиями — с другой приве-
 дены в опубликованных работах по Актюзскому [138], Хи-
 ганскому [5, 89], Карабулакскому [154], Жирекенскому [185,
 190], Лифудзинскому [162], Будактаевскому [199], Ильин-
 скому [207], Дарасунскому [196], Балейскому [122], Аксеус-
 кому [137], Бестюбинскому [208], Коунрадскому [148, 149],

Алтуайтскому [41] и многим другим месторождениям Союза. Не менее яркие примеры, показывающие связь промышленного оруденения с брекчиевыми образованиями и порождающими их интрузивами, имеются в публикациях зарубежных авторов, в частности, по многочисленным медно-порфировым месторождениям Андского пояса Северной и Южной Америки [59, 239, 242, 257, 258, 266], Медного бассейна Аризоны [59], Монголии [65, 186], штокверковым молибденовым и редкометальным месторождениям Западных Кордильер [245], Британской Колумбии [241, 243, 249, 255, 272], Колорадо [265, 270], а также по висмутсодержащим медным месторождениям Аргентины [259] и др.

Из обобщения этих примеров и личного опыта изучения брекчиевых образований на казахстанских месторождениях можно сделать заключение о том, что формирующиеся в конечные этапы становления комагматичных вулканоплутонических серий пород гипабиссальные и близповерхностные порфировые интрузии сопровождаются интрузивными и эксплозивно-гидротермальными брекчиями. Последние проявляются в несколько этапов; главная их масса формируется после внедрения интрузивов, одновременно или несколько позже стадии широкого предрудного метасоматоза, но до массового оруденения промышленных руд. Такого взаимоотношение промышленных руд, минерализованных эксплозивно-гидротермальных брекчий и рудоносных интрузий на Медном Коунараде [149] и рассматриваемом в отдельной статье данного сборника Коксайском месторождении. На Коунараде брекчия первого этапа, с которыми связаны промышленные руды, слагают несколько трубчатых тел, прорывающих рудоносный шток гранодиорит-порфиров. Обломки брекчий представлены интенсивно измененными гранитоидами и вмещающими породами, в том числе андалузитсодержащими вторичными кварцитами по липаритам. В измененных обломках гранитоидов присутствуют минерализованные кварц-полевошпатовые прожилки и довольно равномерная вкрапленность пирита с резко подчиненным количеством халькопирита. Подобные изменения распространены широким ореолом по периферии оруденелых участков в гранитоидах и вне брекчиевых тел. Цемент, представленный тонкоразмельченной песчановидной массой — микробрекчией, интенсивно окварцован, серицитизирован и содержит густую сеть штокверкового кварца с обильной молибденово-медной минерализацией, распространяющейся также в матрице брекчий в виде вкрапленности. В наиболее оруденелых участках прожилково-вкрапленная рудная минерали-

зация с густым штокверком характерного серого кварца развивается и в обломках брекчий, нацело превращая породу в кварцево-рудный метасоматит.

Исключительно интересные данные по взаимоотношениям эксплозивных брекчий с интрузивами и оруденением приведены в работе Г. В. Пизиксона, Д. В. Рундквиста и др. по Хинганскому оловорудному месторождению [89]. Эксплозивные брекчиевые тела здесь развиваются в апикальной части штока гранит-порфира; они образуют сужающиеся книзу воронкообразные трубки, очаги формирования которых, как показывает небольшая экстраполяция, располагаются на незначительной глубине (менее 1 км); среди них имеются слепые тела, в том числе ветвящиеся; всюду брекчии окружены ореолом серицит-хлорит-кварцевых и щелочных метасоматитов, наконец, контуры промышленных руд занимают в разрезе верхние части брекчиевых тел (рис. 4). Упомянутые авторы указывают, что обломки гранит-порфиров и кварцевых порфиров превращены в серицит-хлорит-кварцевую породу, а цемент представляет собой размельченный материал, тождественный литокристаллокластическим или цеолитовым туфам. На основании этих и многих других установленных ими фактов они совершенно справедливо приходят к выводу о том, что «возникновение предрудных брекчий знаменует первую предрудную стадию формирования месторождения» [89, с. 40]. Ю. Ф. Судариков и К. М. Мельников [190], описавшие эксплозивные брекчии на Жирекенском медно-молибденовом месторождении, также отмечают, что их цемент, представляющий микробрекчию, интенсивно проработан гидротермальными процессами, в то время как обломки слабо изменены. Кстати, брекчиевое тело здесь, так же как кимберлитовые и железорудные трубки Сибирской платформы, имеет форму перевернутого усеченного конуса с основанием на поверхности 1000×900 м. Из других примеров аналогичного характера интересны данные В. В. Овчинникова по Карабулакскому рудному полю в Северном Тянь-Шане [154]. Здесь в связи с дайково-штоковой фацией II фазы Бешектинского вулканоплутонического комплекса развиваются своеобразные фельзиты с кварц-турмалин-сульфидными обособлениями, а также кварц-турмалиновые жилы-брекчии с сульфидами, подобно тем, которые давно известны из работ О. Д. Левицкого по месторождению Шерловая Гора. Эти жилы-брекчии мощностью в несколько десятков метров участками сложены преимущественно колчеданной рудой, в которой наблюдаются колломорфные агрегаты мельниквит-пирита с петельчатыми выделениями халькопирита. По

мнению В. В. Овчинникова, трубки взрыва, сопутствующие штокам магматических пород, формируются на глубинах 500—2000 м, а глубже они переходят в штоки нормальных изверженных пород [154]. Как видно из сводки К. Ф. Кларка

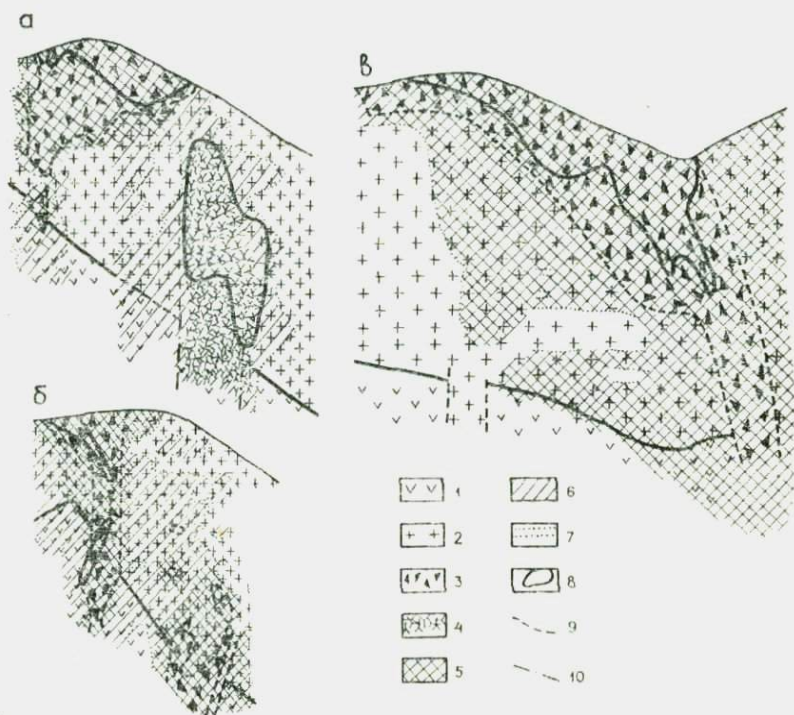
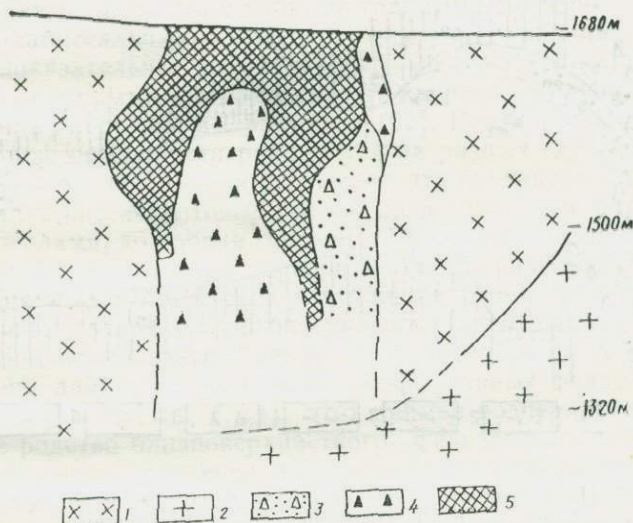


Рис. 4. Схематические разрезы Хинганского месторождения, по Г. В. Ицксону, Д. В. Рундквисту и др. [89]:

1 — кварцевые порфиры; 2 — гранит-порфиры; 3 — взрывные брекчии; 4 — брекчированные породы; 5 — серицит-хлорит-кварцевые породы, возникшие в ассоциации со взрывными брекчиями и при совмещении прожилков с участками брекчий; 6 — серицит-хлорит-кварцевые породы, возникшие при формировании сети рудных прожилков; 7 — щелочные метасоматиты; 8 — контуры рудных тел; 9 — контуры развития взрывных брекчий; 10 — тектонические контакты

[245], оруденелые интрузивные брекчии характерны для многих штокверковых молибденовых месторождений Западных Кордильер Северной Америки. Особенно показательны рудносные брекчиевые трубки на рудниках Босс Маунтейн, Юрад-

Хандерсон, Хадсон Бей Маунтейн. На месторождении Босс Маунтейн интрузивные брекчии, образовавшиеся в три фазы, образуют крутопадающие трубки и жилы, которые прослеживаются на глубину около 350 м. Главная рудная залежь месторождения приурочена к верхней части брекчиевой трубки, имеющей здесь форму седловины с двумя корнями, уходящими в шток кварцевых монцонитов (рис. 5), по К. Ф. Кларку [245].

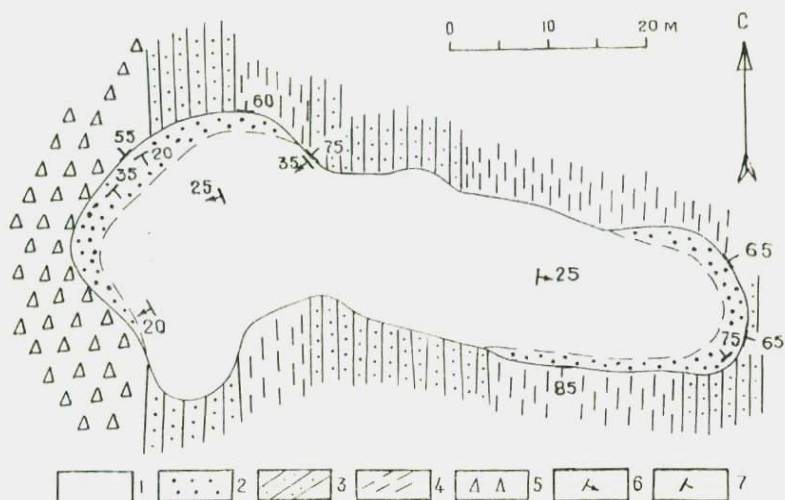


Р и с. 5. Разрез через штокверково-молибденовое месторождение Босс Маунтейн, по К. Ф. Кларку (K. F. Clark [245]):

1 — гранодиориты; 2 кварцевые монцониты; 3 — брекчии третьей фазы; 4 — кварцевые брекчии второй фазы; 5 — рудное тело.

На месторождении Юрад-Хандерсон верхнее рудное тело — Юрад приурочено к периферии трубки, сложенной красным порфиром и брекчиями, а нижнее слепое рудное тело — Хандерсон в виде перевернутой седловины залегает непосредственно над штоком гранит-порфиров. Весьма интересные минерализованные брекчии с турмалиновым цементом описаны Е. Дж. Лламбайсом и Л. Мальвиццини (E. J. Liambias, L. Malvicini) в районе Сан-Юан в Аргентине [259]. Здесь в тесной ассоциации с гранодиоритами Аманкай развиты многочисленные брекчиевые тела, наиболее минерализованным из которых является брекчиевая трубка висмут-медного месторождения

Сан-Франциско де лос Андес. Она представляет собой вертикальное шестовое тело, имеющее в плане сильно вытянутое эллипсоидальное сечение с одним расширенным концом и некоторым сужением в центральной части (рис. 6). Ее размеры 70×15 м. Длинной осью трубка ориентирована вкрест прости-



Р и с. 6. План рудоносной брекчевой трубки Сан-Франциско де лос Андес, по Е. Д. Лламбайсу и Л. Мальвичини (E. J. Llamblas, L. Malvicini [259]):

1 — брекчия ядра; 2 — оруденелые брекчии краевых зон; 3 — песчаники; 4 — сланцы; 5 — брекчированные боковые породы; 6 — ориентировка обломков брекчий; 7 — элементы залегания контакта трубки

ранно вмещающих песчано-сланцевых пород и окружена узким ореолом интенсивной трещиноватости. Контакт трубки с вмещающими породами резкий, его падение радиальное под углом 60—85° до глубины 30 м. Ниже она падает почти вертикально. Трубка сложена брекчией, состоящей из угловатых обломков вмещающих песчано-сланцевых пород размерами от нескольких миллиметров до 1 м, цементированных мелкозернистой массой. Выделяются брекчии ядра и краевой зоны. Обломки в ядре по размерности более однородны и ориентированы в различных направлениях, а в краевой зоне они длинной осью ориентированы параллельно кромке трубки и имеют центроклинальное падение. Рудные минералы (пирит, халь-

копирит, висмутит, арсенопирит, сфалерит и др.) совместно с кварцем и турмалином образуют густую вкрапленность, шнуры, гнезда и агрегатные скопления в цементе брекчий. Промышленные руды заключены в основном в краевых брекчиях.

Из приведенных примеров вытекает вывод о том, что рудоносные эксплозивные брекчии характерны прежде всего для штокверковых месторождений, ассоциирующих с небольшими интрузивами, штоками и дайками гранитоидов, формирующихся в гипабиссальных и близповерхностных условиях. В этой связи показательны наблюдения Н. Л. Петренко на глубоко вскрытом горными выработками штокверково-жильном месторождении Лифудзин в Приморье [162]. Рассматривая морфологические особенности рудных тел на разных глубинах и зональность оруденения, он указывает, что сравнительно бедные сульфидно-касситеритовые руды, представленные на поверхности жилами, до уровня горизонта III содержат богатые рудные столбы; в интервале горизонтов III—XI развивается штокверковое оруденение между рудными жилами, при этом «с вертикальным интервалом штокверкового оруденения совпадает развитие эксплозивных брекчий, приуроченных к контактам сложного дайкообразного тела субэффузивных фельзитов и к трубке взрыва» [162, с. 74]. Этот пример подчеркивает фациальное родство близповерхностного фельзитового интрузива, штокверкового оруденения и гидротермально-эксплозивного брекчиеобразования.

Мы уже отмечали место эксплозивных брекчий и порождающих их гипабиссальных, малоглубинных и близповерхностных интрузий гранитоидов нестроого состава в общем ходе становления вулканоплутонических серий пород, комагматически связанных между собой. Здесь следует лишь подчеркнуть большую роль эксплозивных брекчий в процессах эндогенного рудообразования, их ведущее поисковое значение как рудомещающей структуры. Тем более штокверковые месторождения, для которых они характерны, имеют наибольший практический интерес. В этих месторождениях рудоносные мелкие интрузивы, эксплозивные брекчии и промышленные руды, вероятно, представляют собой остаточные продукты дифференциации единого магматического очага.

Наконец, на рудных полях медно-колчеданных, колчеданно-полиметаллических и свинцово-цинковых месторождений Рудного Алтая, Урала, Кавказа, Забайкалья, Центрального и Южного Казахстана, Средней Азии, а также ряда зарубежных стран развиты своеобразные брекчиевые породы, подробно

рассмотренные в отдельной статье данного сборника. Они отличаются от типичных вулкано- и тектонокластических образований по условиям залегания, морфологии тел, отношению к вмещающим породам и тектоническим структурам, составу и другим признакам и, что очень важно, имеют теснейшую пространственно-временную связь с процессами сульфидного оруднения. В данном случае речь идет о брекчие- и конгломератовидных породах, широко известных в литературе по работам А. С. Бобохова [17, 18, 19], Ю. С. Бородаева и др. [31], К. Г. Богдановой [25], А. М. Борсука [27], М. Б. Бородаевской [30], Д. Г. Брайнента [242], Л. Бринера [34], П. Г. Ведерникова [38], П. Ф. Иванкина [73, 74], С. Н. Иванова [80], К. Кентса [257], В. В. Кепенжискаса [92], В. С. Кузубного и др. [113], А. И. Кулагашева [115], Т. С. Ловеринга [119], В. П. Логинова [120], Б. М. Мерлич [131], В. Д. Перри [163], В. А. Прокина [171], А. Г. Посысоева [170], М. В. Тащинной [193], К. Форгана [209], М. С. Шнайдера [229], Р. Г. Язевой [233, 234] и других авторов.

У исследователей, специально изучавших эти брекчиевые образования, существуют различные представления об их природе, что отражает то разнообразие названий, под которыми они фигурируют в литературе (эксплозивные, эруптивные, магматогенные, гидротермально-эксплозивные, туфовидные брекчии, дайки-брекчии, галечниковые дайки, туфоконгломераты, рудокласты, рудные валуны, туффзиты, мобилизиты и т. д.). Одни исследователи считают их нормально осадочными или базальными конгломератами и на этом основании делают соответствующие выводы о возрасте интрузивных пород, в частности гранитоидов и руд, присутствующих в виде обломков, а другие происхождение брекчий связывают с деятельностью газовых прорывов типа туфовых вулканов или же закрытых флюидно-гидротермальных эксплозий [74, 113, 131, 193]. Обломки и обособления сульфидных руд в подобных породах, по мнению ряда исследователей, представляют собой рудные гальки или рудокласты, образовавшиеся соответственно в результате древнего размыва [80, 120, 160, 170] или вулканического взрыва ранее сформированных рудных залежей [171]. Одновременно существует представление и об эпигенетическом происхождении пород, согласно которому последние формируются в результате избирательного замещения обломков кластических образований [79, 88] или же, как это установлено детальными исследованиями М. Б. Бородаевской и Э. Я. Прушинской, в процессе коллоидного или гелевого за-

мещения рыхлого цемента кластического материала [30]. Очевидно, что без детального изучения и расшифровки природы этих своеобразных пород нельзя понять многие вопросы тектоно-магматического и металлогенического развития района. Так, например, эти обломочные породы, принимавшиеся либо за базальные конгломераты, либо за взрывные брекчии, являлись причиной многолетних дискуссий о додевонских и девонских гранитоидах на Рудном Алтае [112]. Принятие их за осадочные, метасоматические, вулканокластические или гидротермально-взрывные образования всегда влекло за собой споры о генезисе и возрасте колчеданного оруденения на Урале и Рудном Алтае [12, 30, 79, 120, 144, 171].

Накопленный опыт изучения рудоносных брекчий на казахстанских примерах и анализ литературы показывают, что на рудных полях колчеданных и полиметаллических месторождений развиты, кроме обломочных пород собственно вулканического и тектонического происхождения, по крайней мере два типа эндогенных брекчий, которые связаны в одном случае со становлением конкретных интрузивов в гипабиссальных и малоглубинных условиях (интрузивные брекчии), а в другом — с деятельностью поздней или постмагматических газовой-флюидных процессов (гидротермально-взрывные брекчии, по П. Ф. Иванкину). В обоих случаях эти брекчии, как будет показано в последующих статьях сборника, несут сингенетичную с ними сульфидную минерализацию, но основная масса промышленных руд отлагается в наиболее тесной пространственно-временной связи с брекчиями гидротермально-взрывной природы.

Рудоносные гидротермально-взрывные брекчии особенно характерны для медно-колчеданных и колчеданно-полиметаллических месторождений эвгеосинклинальных складчатых областей, где широко развиты в различной степени дифференцированные эффузивные формации, интрузивные порфиры, умеренно кислые гранитоиды и постгранитные малые и жильные интрузии, являющиеся производными базальтоидной магмы (Рудный Алтай, Урал и Кавказ, Рио-Тинто в Испании, Юнайтед-Верде в США). Здесь брекчии сопровождают порфировые, а также постгранитные малые и жильные интрузии, формирующиеся в гипабиссальных и малоглубинных условиях в заключительные этапы деятельности глубинного магматического очага. Известны брекчии и в свинцово-цинковых, барит-полиметаллических и некоторых урановых месторождениях эпиплатформенных областей, наложенных мульд и зон

тектоно-магматической активизации, где они образуют стратиформные, жильные и комбинированные залежи среди терригенно-карбонатных, вулканогенно-осадочных и кристаллических пород (Забайкалье, Успенская зона Центрального Казахстана, Каратау, Енисейский кряж, Кураминская зона, Стаутрг в Югославии, Сьерро де Паско в Перу, Маунт Айза в Австралии, Нью Мексика, Бисби, Айдахо, Вост. Тинтик, Вост. Миссури в США и др.). Здесь брекчии проявляются вне видимой связи с интрузивными породами. Их природа и роль в рудообразовании в должной мере не вскрыты, хотя в ряде случаев гидротермально-эксплозивный характер и прямая связь этих брекчий с оруденением устанавливаются отчетливо [58, 92, 94, 115, 119, 209].

В отличие от алмазоносных кимберлитов, железорудных трапцевых, медно-порфировых и редкометалльно-штокверковых месторождений, рудоносные брекчии в колчеданных и полиметаллических месторождениях образуют сложные по морфологии тела, имеющие резко секущие, согласные, субсогласные и комбинированные взаимоотношения с вмещающими породами. Они слагают неправильные, грибо- и древовидные, часто многорусые в разрезе тела, линзообразные и силловые залежи, штоки и дайки, пространственное размещение которых, так же как и рудных тел, контролируют структурные факторы [18, 25, 27, 31, 38, 113, 193, 234]. Нередко минерализованные брекчии встречаются в виде плотных группировок, свит, роев, состоящих из нескольких или десятков отдельных тел, приуроченных к разрывным нарушениям и ослабленным поверхностям межпластовых и межформационных отслоений [147]. Весьма показательны в этом отношении наблюдения Д. Г. Брайэнта (Д. С. Bryant [242]) над многочисленными интрузивными брекчиевыми телами, тесно ассоциирующими с залежами сульфидных руд в горном районе Уоррен (Бисби). Здесь сочетание разрывных нарушений и межпластовых срывов, а также направление потока флюидов определяют чрезвычайно сложную морфологию брекчиевых тел, образующих систему соединяющихся между собой трубок, силлов, даек и неправильных залежей (рис. 7). Как отмечает автор [242], раздувы брекчиевых тел приурочены к волнообразным изгибам разрывных нарушений. Повсеместно наблюдается теснейшая пространственная связь оруденения с брекчиями, причем наиболее концентрированные руды приурочиваются к участкам расширения поперечного сечения брекчиевых трубок.

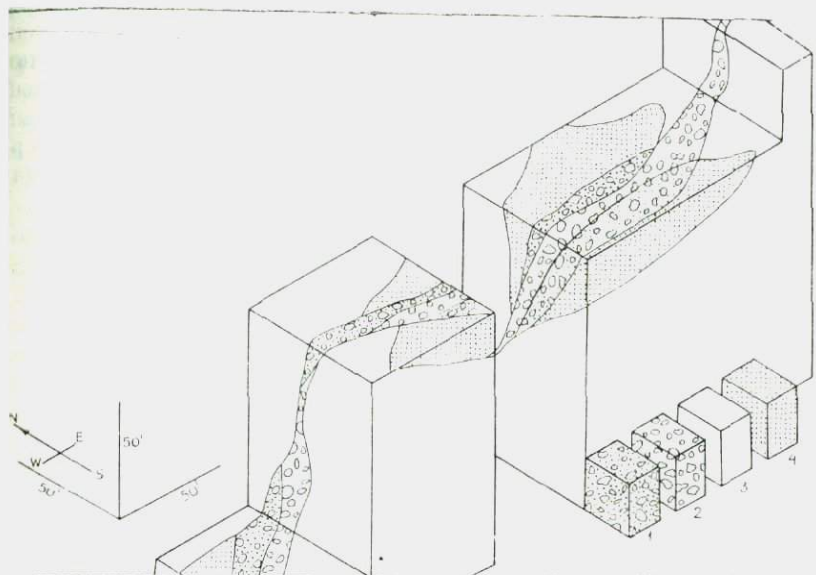


Рис. 7. Изометрическая блок-диаграмма рудной зоны Дени Сиделайи, по Д. Г. Браунту (D. G. Bryant [242]):

1 — оруденные интрузивные брекчии; 2 — интрузивные брекчии; 3 — известняки; 4 — медная руда

Установлено, что гидротермально-эксплозивные брекчии в форме наиболее сложных по морфологии залежей максимально развиты в некотором интервале глубин (200—600 м), насыщая, таким образом, определенные отрезки стратиграфического разреза рудного поля. Судя по единичным глубоко вскрытым месторождениям, уже на глубинах 700—800 м резко сокращается суммарный объем брекчневых образований в разрезе, где преобладают в основном секущие плито- и дайкообразные тела. Состав гидротермально-эксплозивных брекчий всегда разнородный. В качестве обломков присутствуют интрузивные образования, с которыми эти брекчии ассоциируют, и вмещающие породы ближайшего окружения, а также вообще неизвестные в районе породы. Следует отметить, что в обломках широко представлены перемятые, рассланцованные, иногда ороговкованные и скарированные породы, содержащие вкрапленность, гнезда и прожилки сульфидов. Реже в некоторых разностях брекчий (в частности во внутриминерализационных брекчиях) присутствуют обособления и отдельные

обломки сплошных и густовкрапленных руд [80, 120, 170]. Цемент рассматриваемых брекчий представляет собой интенсивно измененный тонкоизмельченный материал, напоминающий в более свежем виде микробрекцию, мелкообломочный литокристаллокластический туф или плохо отсортированный песчаник. В большей части он сложен вторичным гидротермально-метасоматическим агрегатом из кварца, полевых шпатов, серицита, хлорита, карбоната и рудных минералов.

Обобщение материалов по рудоносным брекчиям медноколчеданных и полиметаллических месторождений показывает, что гидротермально-эксплозивные брекчии в целом формируются в конце интрузивной магматической деятельности, но проявляются в несколько стадий. Имеются брекчии дорудные и внутриминерализационные. Главная масса их, по-видимому, формируется, так же как в медно-порфировых и штокверковых редкометальных месторождениях, в возрастной вилке между предрудным этапом широкого метасоматоза и массовым отложением промышленных руд. Это подтверждается повсеместным присутствием в брекчиях обломков серицитоцитов, хлоритоцитов, кварцитов, жильного кварца, а также березитов, пропицитов, кварц-серицитовых, кварц-серицит-хлоритовых и других метасоматитов с рассеянной вкрапленностью сульфидов ранних стадий. Богатые сплошные и густовкрапленные руды накладываются на брекчии, при этом сульфиды прежде всего замещают матрицу брекчий, местами проникая в виде прожилок и заливов в обломки. На участках наиболее концентрированного рудоотложения сульфидные руды замещают обломки. Яркие примеры теснейшего пространственного переплетения промышленных руд с телами гидротермально-эксплозивных брекчий описаны на Новозолотушинском [229], Блявинском, Комсомольском [31, 176], им. XIX партсъезда, Александровском [18, 19, 233] и других месторождениях. Следует подчеркнуть, что сульфидная руда замещает не только матрицу брекчий, но и обломки, вплоть до полного их вытеснения, с сохранением лишь отдельных обломков. В этом отношении большой интерес представляют наблюдавшиеся в сплошных сульфидных рудах Иртышского, Николаевского и других месторождений развернутые обломки кварц-серицитовых сланцев, как бы плавающих в руде. В подобных случаях залежи сплошных руд нередко оказывают приконтактовое механическое воздействие на вмещающие породы, раздвигая и разрывая их. На основании таких наблюдений, как известно, и родилась в свое время идея о густой рудной маг-

ме. На самом деле рудные залежи в ряде аналогичных случаев, вероятно, представляют собой брекчиевые тела, нацело замещенные сульфидами с сохранением реликтовых обломков метасоматических пород прерудного этапа. Возможность же сохранения отдельных обломков, как и целых участков брекчиевых тел, при столь интенсивном рудном метасоматозе, казавшаяся ранее маловероятной, теперь, после капитальных исследований Г. Л. Поспелова, вполне объясняется механизмом самого метасоматоза [169]. Что касается брекчий, содержащих обломки густовкрапленных и сплошных руд при слабом оруденении цемента, то они формируются между стадиями отложения сплошных медноколчеданных и колчеданно-полиметаллических руд и последующими стадиями выпадения существенно полиметаллической минерализации, представленной поздними сульфидами и сульфосолями цветных металлов. В процессах рудообразования роль этих внутриминерализационных брекчий, по сравнению с прерудными, имеющими решающее значение в лаколизации промышленных руд, представляется более скромной.

Таким образом, для многих промышленно важных типов эндогенных месторождений, генетически связанных с ультраосновными, щелочными ультраосновными, основными, умеренно кислыми и субщелочными интрузиями гипабиссального и близповерхностного становления, в частности для алмазносных кимберлитов, трапповых железорудных, редкометалло-карбонатитовых, медно-порфировых, штокверково-редкометалльных, близповерхностных золоторудных, медно-никелевых, медноколчеданных и полиметаллических месторождений, характерным петрологическим и структурным элементом являются своеобразные интрузивные брекчии. Как промежуточные образования между собственными продуктами интрузивного магматизма и последующей пневмато-гидротермальной деятельности они формируются в результате спонтанного развития процессов магматической дифференциации и фазового расслоения флюидов в условиях малых глубин. Представляется, что сравнительно медленное эволюционное развитие глубинного интрузивного процесса в условиях резко анизотропной и неравновесной среды вблизи дневной поверхности сменяется бурным процессом становления рудно-магматической системы. Формирование рудоносных штоков, брекчиевых тел и рудных залежей можно образно рассматривать как результат последней вспышки рудно-магматической системы. Интрузивные брекчии — это особый тип горных пород, обладающих,

в зависимости от конкретных условий формирования, свойствами преимущественно гидротермально-метасоматических или же магматических образований. Они имеют наиболее близкую временную и непосредственно пространственную связь с промышленным оруденением; нередко отдельные брекчиевые трубки, жилы и неправильные тела представляют собой рудные залежи. Как прямой поисковый признак, на рудных полях отмеченных типов месторождений, интрузивные брекчии заслуживают особого внимания. Велико их значение в проблеме рудогенеза.

А. Д. ХАРЬКИВ, Е. И. БОРИС, Д. И. САВРАСОВ,
И. Н. ИВАНОВ

ТРАППОВЫЕ БРЕКЧИИ МАЛО-БОТУОБИНСКОГО РАЙОНА ЗАПАДНОЙ ЯКУТИИ И ИХ РУДОНОСНОСТЬ

Изучение брекчий магматических пород Сибирской платформы приобрело в последние два десятилетия огромное значение. Исключительный научный и практический интерес к подобным образованиям объясняется прежде всего тем, что в начале 50-х годов установлена приуроченность ангаро-илимских железорудных месторождений к трапповым брекчиям трубчатой формы [156], а в 1954 г. была открыта первая в Советском Союзе алмазонасная трубка, выполненная эруптивной брекчией ультраосновного состава [179].

В Мало-Ботуобинском алмазонасном районе пространственно совмещены брекчии двух генетических типов магм: ультраосновной (с щелочным уклоном) и основной, с которыми связаны соответственно кимберлитовые и трапповые брекчии. Оба типа магм являются типично платформенными образованиями, хотя совместное присутствие продуктов их эксплозивной деятельности отмечается редко. Так, кроме Мало-Ботуобинского района, трубки взрыва кимберлитовых и трапповых брекчий установлены в Анабарском кимберлитонасном районе [96], однако трапповые трубки взрыва здесь единичны (пока найдено только два трубчатых тела), тогда как число кимберлитовых достигает многих десятков. В других кимберлитовых полях и районах, даже в случае широкого распространения интрузивных тел траппов (силлов, даек), как это имеет место в Дальдино-Алакитском и Приленском районах,

пока нет достоверных находок траптовых брекчий магматического происхождения.

В данной статье приводится характеристика брекчиевых пород траппового состава одного из наиболее хорошо изученных алмазоносных районов Сибирской платформы — Мало-Ботуобинского. Пространственное совмещение здесь кимберлитовых и трапповых брекчий дает богатый материал для установления их структурного положения, что играет важную роль при выборе перспективных участков для поисков кимберлитовых трубок. Кроме того, выяснение морфологии и внутренней структуры тел, сложенных брекчиями трапповых и кимберлитовых пород, изучение их состава и взаимоотношения с породами рамы в зоне экзоконтакта имеет большое значение для расшифровки сложного вопроса происхождения и механизма образования брекчий, а также генезиса полезных ископаемых, связанных с ними.

Мало-Ботуобинский алмазоносный район тяготеет к центральной части Сибирской платформы и расположен в пределах приподнятой Ботуобинской седловины, являющейся южным продолжением Анабарской антеклизы, которая, в свою очередь, разделяет Тунгусскую и Вилюйскую синеклизы. По геофизическим данным в рельефе фундамента седловина вырисовывается в виде выступа северо-восточного простирания. Глубина залегания пород фундамента по осевой линии составляет 1,5—2,0 км. Оба склона седловины осложнены глубинными разломами Ахтарандинской зоны субмеридионального и Вилюйско-Мархинской зоны северо-восточного направлений. Каждая зона состоит из системы субпараллельных глубинных разломов, большинство которых фиксируется магнитной съемкой в виде узких, линейно вытянутых аномалий, вызванных вмядрившимися по ним дайками диабазов. Непосредственно в пределах центральной части Мало-Ботуобинского района четко прослеживаются четыре глубинных разлома: Западный, Параллельный, Мирнинский (Центральный) и Восточный. Практически на всем протяжении они выполнены дайками диабазов и к ним тяготеют трубчатые тела кимберлитов и траппов. Классическим примером приуроченности этих тел к глубинному разлому является Западный разлом (рис. 1), в зоне которого обнаружено пять кимберлитовых и около десяти трапповых тел трубчатой и дайкообразной формы. К Параллельному разлому приурочено несколько кимберлитовых и трапповых трубок взрыва. В зоне Мирнинского и Восточного разломов установлены лишь трубки взрыва траппов.

Все кимберлитовые и большинство трапповых трубчатых тел располагаются по тектоническим нарушениям северо-западного простирания. Их длинные оси вытянуты в северо-западном направлении; в том же направлении на продолжении длинных осей трубок установлены зоны дробления во вмещающих терригенно-карбонатных породах нижнего палеозоя. Такая структурная позиция трубок взрыва свидетельствует о том, что глубинные разломы служили подводными каналами для кимберлитовой и основной магм, а тектонические нарушения северо-западного простирания являлись рудовмещающими. Вертикальные смещения по характеризуемым глубинным разломам незначительны. Так, скважиной 1/66, пробуренной в осевой части Мириинского разлома, установлены небольшие тектонические нарушения в породах среднего-верхнего кембрия и нижнего ордовика. Серия этих нарушений и дайки диабазов зафиксированы только в пределах разреза пород нижнего кембрия. Все это свидетельствует о том, что в период заложения и формирования Ыгыаттинской впадины, а также Туигусской и Виллюйской синеклиз повторные подвижки по глубинным разломам сводовой части Ботуобинской седловины практически не происходили или имели небольшую амплитуду. Они осуществлялись по другим направлениям — северо-западному, северо-восточному и субширотному. Этим, по-видимому, объясняется структурный план размещения кимберлитовых и трапповых трубок района в верхнем структурном этаже чехла.

В восточной части Мало-Ботуобинского района также установлено три глубинных разлома: Харыйалахский, Анианский (Мало-Ботуобинский) и Виллюйчанский (рис. 1). Указанные разломы магнитной съемкой фиксируются не очень четко, так как внедрившиеся во них диабазы отмечаются лишь в виде полосы разобращенных штоков, прерывистых и небольших по длине даек. Здесь же наблюдается большое количество трубок трапповых пород, расположенных цепочкой вдоль упомянутых разломов. Зона каждого глубинного разлома состоит из одного главного разлома и нескольких ступенеобразных сбросов общей шириной 100–200 м и более, обрамляющих с запада Ыгыаттинскую впадину, а также из серии коротких разрывов, расположенных кулисообразно, благодаря чему эти зоны разломов прослеживаются на дневной поверхности. Ширина зоны глубинных разломов 2–4, реже 10 км.

Обнаружению трапповых брекчий в Мало-Ботуобинском районе благоприятствовало то обстоятельство, что при аэро-

магнитной съемке, проводившейся с целью поисков кимберлитовых трубок, тела трапповых брекчий с повышенными магнитными свойствами обычно проявляются как локальные аномалии. С целью выяснения природы аномалий они проверялись скважинами и шурфами. Это позволило выявить большое количество разнообразных по форме, составу выполняющего материала, возрасту и генезису брекчиевых тел, сложенных породами траппового комплекса. По фациально-морфологическому признаку трапповые брекчи можно разделить на трубки взрыва, выполненные эруптивными брекчиями; трещинные тела и жерловины, сложенные интрузивными брекчиями (туффизитами); линзовидные, пластовые и неправильной формы тела осадочно-вулканогенного происхождения.

Трубки взрыва, выполненные эруптивными брекчиями

В Мало-Ботуобинском районе трубки взрыва трапповых пород открыты в середине 50-х годов, однако до последнего времени они оставались слабоизученными.

Краткое описание трубок с многоярусными трапповыми силлами, в которых диабазы и их брекчи переслаиваются с известняками, алевролитами и конгломератами ордовика, приведено в работах А. А. Меняйлова [128] и А. А. Меняйлова и В. Б. Воскресенской [129]. Характеристике некоторых трубчатых тел траппов посвящены статьи А. Д. Харькива [214], А. Д. Харькива, И. А. Погудина [215], А. Д. Харькива и др. [216].

Большая часть трапповых трубок расположена в бассейне р. Малая Ботуобня (правый приток р. Вилюй). Ряд трубок выявлен аэромагниторазведкой к северо-востоку от Мало-Ботуобинского района на левом берегу р. Вилюй. Единичные трубки встречаются к северу от г. Ленска, в бассейнах рек Большая Ботуобня, Ахтаранда и Ыгыатта. О распространенности трубок к западу и северо-западу от р. Малая Ботуобня говорить трудно, так как это область преимущественного развития пластовых трапповых интрузий, среди которых, и тем более под ними, выделять локальные магнитные аномалии практически невозможно. В районе среднего течения р. Марха, на северо-восточном продолжении Вилюйско-Мархинской зоны разломов, где трапповые дайки в большом количестве выходят на дневную поверхность, трапповые трубки взрыва чрезвычайно редки.

Диаметр трубок взрыва трапвых пород варьирует в весьма широких пределах — от первых десятков метров до 1 км и более. Максимальный размер (1800×400—500 м) имеет трубка Коллективная А-63. Наиболее часто встречаются трубки с поперечником 150—200 м. Изменение формы трапвых трубок по мере их углубления изучено слабо. Обычно каждая аномалия вскрывалась только одной и очень редко тремя-четырьмя скважинами (Коллективная А-63, Лиственничная А-16). Резкие градиенты поля в приконтактных частях трубок и отсутствие отрицательных аномалий за контурами последних позволяют косвенно судить о значительной их протяженности на глубину (рис. 2). Правда, некоторые трубки на небольшой

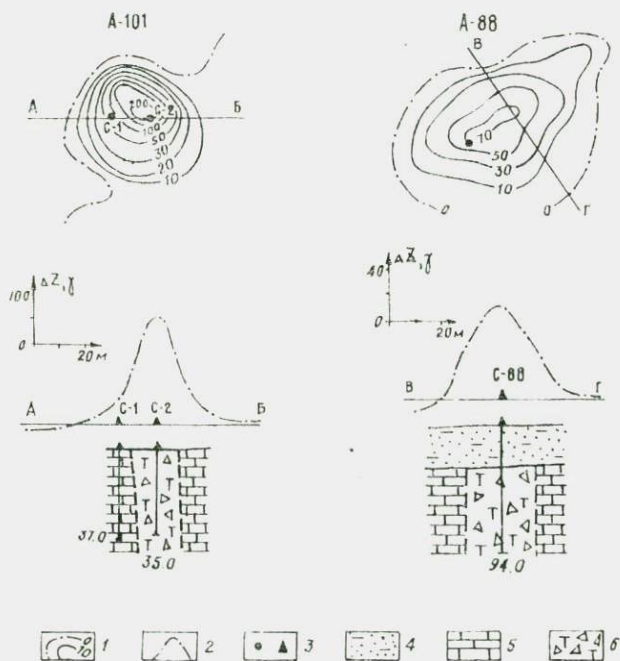


Рис. 2. Характер магнитных аномалий под трапвыми трубками взрыва:

1 — изолинии магнитного поля и его интенсивность в гаммах; 2 — графика ΔZ ; 3 — местоположение скважин; 4 — алевролитно-песчаные отложения нижней юры; 5 — терригенно-карбонатные породы верхнего кембрия — нижнего ордовика; 6 — туфобрекчия трапвого состава

глубине соединяются с дайками диабазов, которые, вероятно, являются подводными каналами трубок. Вместе с тем отмечены случаи, когда трапцовые трубки располагаются на значительном удалении от даек. Максимальная глубина заложения таких трубок, по всей вероятности, не превышает первых километров. Во всяком случае взрыв трапцовой магмы не происходил ниже осадочного чехла, о чем свидетельствует полное отсутствие ксенолитов кристаллических пород фундамента платформы в трубках, сложенных трапцовыми брекчиями. Многие трапцовые трубки перекрываются нижнеюрскими, реже верхнепалеозойскими отложениями мощностью до 100 м с сохранившейся иногда древней корой выветривания.

Большинство изученных трубок сложено агломератовыми туфами и туфобрекчиями трапцового состава, содержащими от 40—50 до 70—80% обломков трапцов и осадочных пород, сцементированных кальцитовым и хлорит-кальцитовым цементом. Размеры обломков колеблются от нескольких миллиметров до 0,5—0,8 м. В ряде трубок буровыми скважинами подсечены тела измененных средне- и мелкозернистых и порфировых диабазов, которые можно интерпретировать как разветвленные дайки и штоки трапцов, залегающие среди брекчий. Микроскопические исследования показывают, что агломератовые туфы жерловой фации состоят из округлых обломков сильно измененных порфировых диабазов, сцементированных кальцит-хлоритовым цементом. По количеству обломочного материала и по составу цемента выделяются две разновидности туфов: агломератовые, содержащие повышенное (60—80%) количество обломочного материала (обломки диабазов, измененного вулканического стекла и др.) и сцементированные хлорит-кальцитовым агрегатом, и микрообломочные с небольшим количеством обломков (10—15%), цемент которых существенно кальцитовый. Резко преобладает первая разновидность туфов. В тяжелой фракции агломератовых туфов и туфобрекчий отмечаются единичные зерна моноклинного пироксена, ильменита, циркона, альмандина, турмалина и апатита. В туфобрекчии трубки А-54 встречен редкий минерал — муассанит (карбид кремния).

Представляет интерес конгломератовидная брекчия, выполняющая трубчатое тело А-27, в бассейне р. Аппан. Она содержит около 80% округлых, эллипсоидальных и редко неправильных телец измененных порфировых диабазов, скрепленных сидерит-кальцитовым цементом. Почти все тельца диабазов обволакиваются концентрически-скорлуповатыми корка-

ми, толщина которых варьирует от 2—3 до 6—7 мм. Состав корок резко отличается от состава диабазовых ядер низким содержанием суммы щелочей (0,21—0,34%) и высоким содержанием суммарного железа. Линейные и четкие контакты без каких-либо следов постепенного перехода корок в ядро, свободное отслаивание их от ядра и отсутствие реликтов структур диабазов в корках свидетельствуют в пользу неметасоматического происхождения последних. Можно предполагать, что эти корки на тельцах диабазов возникли при коагуляции рудных растворов, находившихся в коллоидном состоянии, подобно магнетитовым коркам оолитовых руд ангаро-плимских железорудных месторождений [4].

Химический состав трапповых пород (табл.), выполняющих вулканические аппараты, заметно отличается от состава нормальных траппов Сибирской платформы пониженным содержанием кремниевой кислоты и повышенной магниезностью. Кроме того, обломки траппов из трубок взрыва имеют повышенное содержание суммы щелочей, титана и фосфора. Некоторые из вышеперечисленных особенностей (повышенное содержание титана, преобладание калия над натрием) присущи траппам среднепалеозойского возраста [126]. До последнего времени возраст трубок взрыва трапповых пород Мало-Ботуобинского района, по аналогии с базальтовыми трубками южной части Сибирской платформы, считался триасовым. Однако на основании полученных в последнее время данных возраст трапповых трубок рассматриваемого района следует считать досреднекаменноугольным, вероятнее всего, девонским [215]. Немаловажное значение имеет выяснение последовательности формирования трубок взрыва, сложенных кимберлитовыми и трапповыми породами. По имеющимся данным, в частности по наличию во всех известных кимберлитовых трубках района ксенолитов трапповых пород, по химизму близких к траппам и выполняющих трубчатые тела, представляется возможным говорить о том, что трапповая фаза вулканизма в среднепалеозойское время предшествовала кимберлитовой [215].

Трещинные тела и жерловины, выполненные интрузивными брекчиями и туффитами

Наряду с трубками взрыва, форма которых обычно изометричная или несколько удлиненная, в Мало-Ботуобинском районе известны линзовидные, жильные и складчатые

Химический состав пород трапповой формации

Оксиды	Возраст									
	нижнепалеозойский			среднепалеозойский				нижнемезозойский		
	содержание, %									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	43,60	40,16	46,68	38,86	18,80	3,63	38,22	45,37	46,77	50,10
TiO ₂	1,90	1,90	1,60	2,30	0,33	0,03	1,70	2,41	2,17	1,31
Al ₂ O ₃	14,42	13,14	14,35	12,23	6,87	1,04	12,70	15,83	13,22	14,11
Cr ₂ O ₃	Сл.	Сл.	0,02	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,02	Не опр.	Не опр.	0,02
Fe ₂ O ₃	6,09	7,60	2,57	9,82	28,55	16,81	6,97	5,98	9,40	6,42
FeO	3,45	4,60	8,77	7,65	17,37	Не опр.	3,66	5,77	4,57	3,85
NiO	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,01	Не опр.	Не опр.	0,02
MnO	0,03	0,03	0,26	0,126	0,14	0,28	0,05	0,13	0,21	0,18
MgO	9,70	10,71	10,64	11,89	13,76	2,32	9,41	7,13	3,97	6,41
CaO	4,61	4,67	5,67	1,84	1,19	36,45	9,27	7,62	4,41	6,57
Na ₂ O	3,03	2,56	2,60	0,75	0,14	0,27	0,76	1,71	0,94	2,87
K ₂ O	3,24	2,69	1,31	2,52	0,13	0,17	5,03	2,46	0,88	1,25
P ₂ O ₅	0,14	0,14	0,07	0,41	0,16	0,12	0,18	0,44	0,27	0,13
H ₂ O	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	2,18	0,95	Не опр.	Не опр.	4,35	2,19
H ₂ O+	1,84	2,40	2,70	3,52	Не опр.	Не опр.	То же	То же	3,84	0,25
CO ₂	2,73	2,07	1,32	0,40	То же	То же	»	»	4,35	0,95
S общ.	3,26	4,21	0,33	0,07	»	»	»	»	Не опр.	Не опр.
SO ₃	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	»	»	»	»	0,06	Не опр.
П. п. п.	1,87	3,15	1,38	7,55	9,93	37,41	12,42	4,35	0,31	2,99
Сумма	99,91	100,03	100,27	99,94	99,55	99,48	100,40	99,20	99,72	99,63

Примечание: 1 — мидалекаменный, диабаз, глубина 432 м; 2 — диабаз измененный, брекчированный, глубина 387 м; 3 — диабаз измененный, глубина 335 м; 4 — шаровидные обломки диабазов, трубка взрыва А-27, среднее из трех анализов; 5 — корки, покрывающие шаровидные обломки, трубка взрыва А-27, среднее из двух анализов; 6 — цемент шаровидных обломков, трубка взрыва А-27, среднее из трех анализов; 7 — агломератовые туфобрекчии из трубок взрыва, среднее из пяти анализов; 8 — обломки траппов из агломератовых туфобрекчий, среднее из семи анализов; 9 — интрузивные брекчии, среднее из пяти анализов; 10 — туфы корвузанской свиты нижнего триаса, среднее из трех анализов.

(междластовые) тела и небольшие жерловины, сложенные брекчиями трапповых пород. Вероятно, большая часть этих брекчий возникла на глубине и их можно отнести к интрузивным, хотя по структуре и строению они отвечают эффузивным образованиям. Не исключено, что в ряде случаев брекчии трещинного типа возникли в результате локальных взрывов на малой глубине, поэтому такие тела трапповых брекчий могли выходить на дневную поверхность. Согласно рекомендациям по терминологии подобных образований, предложенным Н. А. Фогельман [207], породы, слагающие трещинные тела и жерловины, следует относить к эксплозивным брекчиям и туффизитам.

Эксплозивные брекчии предположительно нижнепалеозойского возраста

К брекчиям трещинного типа можно отнести породы, вскрытые буровыми скважинами в зонах глубинных разломов, которые, как уже указывалось, четко фиксируются в виде линейно вытянутых магнитных аномалий. Расчетная глубина залегания возмущающих объектов в этих полях предполагалась в интервале 280—300 м. С целью вскрытия и выяснения природы возмущающих объектов в зоне Мирнинского разлома (в 5 км от г. Мирного) была пробурена скважина. На глубине 333 м она в толще темно-серых доломитизированных известняков нижнего кембрия вскрыла сильно измененные диабазы участками миндалекаменной текстуры, которые с глубиной сменились агломератовыми туфами и туфобрекчиями. Близкие по составу и строению агломератовые туфы были вскрыты скважинами в отложениях нижнего кембрия в 70 км южнее г. Мирного. Формы тел трапповых брекчий не установлены, но, судя по характеру магнитного аномального поля, можно считать, что они дайкообразные.

Диабазы миндалекаменной текстуры состоят из плагноклаза, амфиболитизированного моноклинного пироксена, талька и рудного минерала. Плагноклаз, составляющий 50—60% объема породы, имеет лейстовидную форму (размер его зерен — от $0,2 \times 0,07$ до $2,0 \times 0,5$ мм) и замещен мелкочешуйчатым бесцветным или окрашенным в буроватый цвет минералом. Реликты свежего плагноклаза иногда сохраняются в виде узкой оторочки, окаймляющей полностью замещенное ядро лейст. Промежутки между лейстами плагноклаза сложены мелкочешуйчатым хлоритоподобным минералом, реже пла-

стичатными кристаллами амфибола и мелкочешуйчатым тальком. Миндалины составляют до 20% объема породы и имеют округлую, реже несколько удлиненную форму. Размер их 1—4 мм, но преобладают миндалины размером 2 мм. Они vyplнены тальком ($N_g=1,604$, $N_p=1,564$), кальцитом и пиритом. Нередко присутствуют волокнистые кристаллы синезеленого амфибола ($N_g=1,682$, $N_p=1,658$, угол угасания 18°). Наличие большого количества миндалин в породе свидетельствует о «сбрасывании» расплавом в процессе охлаждения значительного количества летучих. Массивные диабазы отличаются от миндалекаменных лишь отсутствием миндалин. Эти разности, вскрытые в нижнекембрийских породах, почти всегда сопровождаются агломератовыми брекчиями. Обломки в них имеют овальную и неправильную форму и представлены измененными микропорфировыми диабазами, нередко содержащими многочисленные миндалины. Размер обломков от нескольких миллиметров до 5—7 см. Они составляют 30—50% объема породы. Цемент состоит из кальцита, хлоритоподобного минерала и кремнистого вещества. Следует особо подчеркнуть, что описываемые дайки и пластовые тела диабазов фиксируются только в разрезе пород нижнего кембрия и не проникают в перекрывающие их более молодые породы среднего-верхнего кембрия и нижнего ордовика, что является основанием для отнесения этих пород к нижнему кембрию.

Радиологическое определение возраста диабазов, вскрытых скважиной 1/66 в нижнекембрийских породах на глубине 432 м от поверхности, выполненное калий-аргоновым методом, дало цифру 410 млн. лет (аналитик К. А. Блинов, ВАГТ), что соответствует силурийскому периоду. Несовпадение радиологического возраста траппов и устанавливаемого нами по косвенным геологическим данным, вероятно, связано с плохой сохранностью в породе аргона, так как анализировался измененный диабаз.

Химический состав траппов предположительно нижнекембрийского возраста, в том числе и образца, для которого определялся абсолютный возраст, приведен в таблице. Даже по такому небольшому числу анализов удается подметить ряд особенностей, которыми нижнепалеозойские траппы отличаются от траппов других возрастов. Для них характерно повышенное содержание титана по сравнению с верхнепалеозойско-нижнемезозойскими траппами, однако содержание этого элемента не достигает концентраций, типичных для траппов среднепалеозойского возраста. По количеству фосфора ниж-

непалеозойские траппы аналогичны таковым верхнепалеозойско-нижнемезозойского возраста. Низкое содержание кальция в древних трапповых породах, возможно, связано с выносом его при вторичном изменении. Содержащие щелочи в нижнепалеозойских траппах в основном повышены.

Эксплозивные брекчии среднепалеозойского возраста

Многочисленные линзовидные, жилые и близкие к пластовым тела трапповых брекчий вскрыты буровыми скважинами в породах нижнего ордовика. Так как большинство тел брекчий разбурено только одной скважиной, то определить их форму невозможно. В тех редких случаях, когда брекчии вскрывались несколькими скважинами, можно говорить о неправильной форме тел, причем залегание брекчий меняется даже в пределах одного и того же тела от вертикального до горизонтального. Иногда они по форме напоминают жилы с пережимами и раздувами. Относительно более постоянное субгоризонтальное залегание имеют пластообразные тела. Практически форма тел брекчий находится в полной зависимости от существовавшей до момента внедрения трапповой магмы системы тектонических нарушений. В ряде случаев среди вмещающих терригенно-карбонатных пород ордовика установлены пластовые тела туффизитов, чередующихся с маломощными (до 2 м) интрузиями диабазов, в которых встречены обломки туффизитов. Контакты диабазов с туффизитами и терригенно-карбонатными породами четкие, резкие, местами с зоной закалки. Описываемые тела в зависимости от размеров слагаются либо эксплозивными брекчиями, либо туффизитами. В крупных телах (А-260) преобладают эксплозивные брекчии с обломками вмещающих пород, отторгнутых от стенок вулканических камер и каналов и сцементированных хлорит-серпентин-карбонатным или кальцит-магнетитовым цементом. Обломки представлены мраморизованными, скарнированными, реже кремненными и пиритизированными известняками, известковистыми алевролитами, перекристаллизованными мергелями, изредка измененными диабазами. Содержание обломочного материала в брекчиях варьирует от единичных обломков до 50% и более. Характерна закономерность в распределении обломочного материала: скарнированные и измененные породы концентрируются в центральной части тел эксплозивной брекчии, а мраморизованные и неизмененные

терригенно-карбонатные породы — в их периферийной части. Тела сильно удлиненной формы сложены в основном обломками мраморизованных известняков и лишь в раздувах встречаются обломки изверженных и скарнированных пород, здесь же отмечаются повышенные концентрации магнетита (рис. 3).

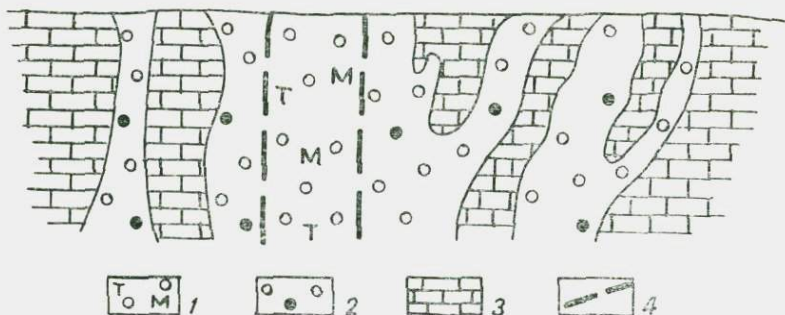


Рис. 3. Характерный разрез взрывной брекчии:

1 — взрывные брекчии центральной части тела, состоящие в основном из обломков изверженных и скарнированных пород, а также магнетита; 2 — взрывные брекчии периферийной части тела, состоящие из обломков неизмененных вмещающих терригенно-карбонатных пород, реже мраморизованных известняков; 3 — терригенно-карбонатные породы верхнего кембрия — нижнего ордовика; 4 — контур центральной части тела.

Эксплозивные брекчии вместе с сопутствующими им интрузиями диабазов слагают сложные по конфигурации тела в виде разветвленных жил и даек с пережимами и раздувами. Иногда недалеко от жерловин, сложенных взрывными брекчиями, встречаются самостоятельные жилы линзовидной формы. Такие небольшие тела брекчий обычно сложены более мелкообломочной породой (туффизитами), чем жерловины. Туффизитами выполнены также ответвления в виде жил и апофиз, отходящие от основного тела. Эти породы возникают в результате отжимания тонкозернистых масс пирокластического и осадочного материала от стенок трещин, что свидетельствует о большой эксплозивно-инъекционной активности кластических масс под воздействием вулканических газов. Обломочный материал перемещался под большим давлением, проникая в узкие трещины как газовой-туффизитовая эмульсия.

Среднепалеозойский (девонский) возраст подавляющего большинства трапповых брекчий трещинного и межпластового типов определяется на том основании, что они в структурном отношении приурочены к тем же тектоническим зонам,

что и трубки взрыва трапповых пород, для которых среднепалеозойский возраст устанавливается более или менее определенно. Кроме того, обломки траппов, слагающие брекчии секущих и пластовых тел, характеризуются теми особенностями химизма, которые присущи траппам среднепалеозойского возраста (повышенное содержание окиси титана, щелочей, фосфора, в ряде случаев преобладание калия над натрием).

Эксплозивные брекчии верхнепалеозойско-нижнемезозойского возраста

Эксплозивные брекчии, предположительно огнесенные нами к верхнепалеозойско-нижнемезозойской фазе вулканизма, образуют наклонно секущие дайкоподобные и жильные тела мощностью до 7 м (рис. 4). Они встречаются относительно редко в породах нижнего палеозоя и отличаются от описанных выше интрузивных брекчий среднего палеозоя слабой измененностью, наличием в них хорошо окатанных галек и гравия кварца, кварцита и кремния, а также обломков обуглившихся растительных остатков и угля. Эксплозивные брекчии содержат обломки относительно свежих долеритов и вмещающих карбонатных пород нижнего ордовика. По мере приближения к контакту количество обломков вмещающих пород увеличивается. Цементирующей массой брекчий являются пелито-псаммитовый материал долеритов и терригенных карбонатных пород и кальцит.

Линзовидные и пластовые тела туфогенных пород верхнего палеозоя — нижнего мезозоя

К этим породам мы относим широко развитые на Сибирской платформе туфогенные образования дегалинской свиты верхней перми и корвучанской свиты нижнего триаса. Туфогенные образования верхней перми сохранились от размыва на отдельных участках в северной и северо-западной частях района. Характерным является приуроченность прослоев туфов, туффитов, туфонесчаников и туфоконгломератов мощностью до 1,5 м к верхним частям разреза. Туфогенные образования нижнего триаса в основном тяготеют к полям развития трапповых пород. Залегают они на породах нижнего и верхнего палеозоя и перекрываются нижнеюрскими отложениями, а местами бронируются траппами. Мощность их достигает 45 м.

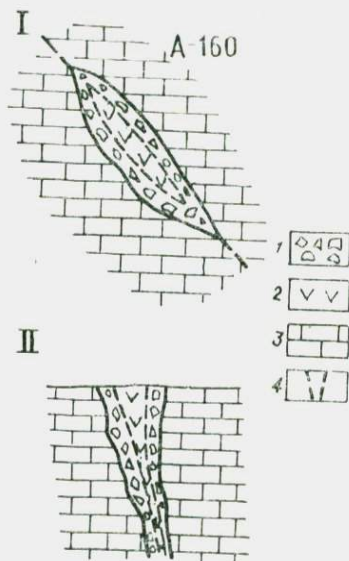


Рис. 4. Дайкоподобное тело взрывной брекчи А-160 (I — план, II — разрез):

1 — взрывные брекчи периферийной части тела, состоящие в основном из обломков вмещающих терригенно-карбонатных пород; 2 — взрывные брекчи центральной части тела, состоящие из долеритов; 3 — терригенно-карбонатные породы верхнего кембрия — нижнего ордовика; 4 — контур центральной части тела

Среди этих пород также выделяются туфы, туффиты, туфопесчаники и туфоконгломераты. Пока нет достаточного количества наблюдений для решения вопроса о характере извержения пирокластического материала. Он мог выбрасываться через трещины или извергаться вулканами центрального типа, хотя достоверных находок трубок взрыва трапповых пород верхнепалеозойско-нижнемезозойского возраста, которые могли бы быть отнесены к подводным каналам этих вулканов, в районе достоверно не известно. Химический состав туфов и туфобрекчий траппов корвучанской свиты приведен в таблице.

Физические свойства пород

Максимальные амплитуды аномалий магнитного поля над трапповыми трубками Мало-Ботуобинского района чаще всего не превышают первых сотен, редко тысяч гамм. Над единичными трубками, в которых отмечены проявления железа, аномалии достигают 4—5 тыс. гамм. Особо интенсивных магнитных аномалий над трапповыми трубками, сопоставимых с амплитудами аномалий над ангаро-илимскими железорудными трубками, в Мало-Ботуобинском районе нет. Как известно, над ангаро-илимскими трубками с промышленными концентрациями железа фиксируются аномалии в десятки и сотни тысяч гамм [4]. Для ангаро-илимских трубок характерно и обратное намагничение пород: интенсивные отрицательные аномалии являются здесь одним из поисковых признаков богатых месторождений железа. В Мало-Ботуобинском районе отрицательные аномалии над трапповыми трубками — редкое исключение и амплитуда их не превышает 700—100 гамм.

Аномалии гравитационного поля над мало-ботуобинскими трапповыми трубками также не достигают значительных величин. Максимальные амплитуды аномалий силы тяжести, зафиксированные над трубками 211, 215 и 216, составляют всего доли мгл. Основная же масса трапповых трубчатых тел в поле силы тяжести или не проявляется, или вызывает отрицательный гравитационный эффект. В то же время известно, что в Ангаро-Илимском районе даже над мелкими железорудными трубками (типа Тубинской) гравитационные аномалии имеют незначительную амплитуду. Над крупными же трубками — Рудногорской и Коршуповской — зафиксированы положительные аномалии [4].

Концентрации магнетитовых руд в трапповых трубках распределены крайне неравномерно. Встречаются участки керна с плотностями 3,15—3,55 г/см³ и восприимчивостью 4000—6000 10^{-3} ед. СГС. Это соответствует концентрациям железа до 15—20%. Но в целом по зонам магнетитового оруденения с мощностями 5—10 м средняя плотность пород не превышает 2,90—3,00 г/см³, а восприимчивость 6000—8000 $\cdot 10^{-6}$ ед. СГС. Во всех изученных образцах магнетитовых руд крайне слабо выражена остаточная намагниченность: она составляет первые десятые доли индуцированной. Это является признаком низкотемпературного генезиса руд, в отличие от высокотемпературных условий становления ангаро-илимских железорудных трубок. Остаточная намагниченность ангаро-илимских

магнетитовых руд, как правило, в 5—10 раз превышает индуцированную [4].

Железорудная минерализация брекчий

Железорудная минерализация, встречаемая в трапных брекчиях Мало-Ботуобинского района, изучена крайне слабо. Руды обычно приурочены к жерловинам и трещинным телам, тогда как тела брекчий трубчатой формы несут весьма убогое оруденение, которое можно отнести к метасоматическому и жильному типам. В количественном отношении резко преобладают руды метасоматического типа, образовавшиеся обычно по цементу брекчий. Участки пород, пропитанных магнетитом, приурочены, как правило, к центральной части тел экзоплазивных брекчий. Четких закономерностей в распределении магнетита с глубиной не наблюдается. Отмечена только перемежаемость участков (без какой-либо системы), где преобладающими являются либо обломки пород, либо магнетит (до 90%). Мощность участков, обогащенных магнетитом, варьирует от нескольких сантиметров до 5—7 м. Обычно магнетитом пропитан цемент брекчий, реже он проникает в обломки трапов и терригенно-карбонатных пород; последние приобретают полосчатую текстуру за счет прослоев (до 4 см) магнетита, подчеркивающих их первичную слоистость. Магнетитовый цемент в таких участках друзово-прожилкового типа выполняет пространство между обломками в виде друзовых, корковых, местами концентрически-зональных оторочек зернистого строения. Жильный тип оруденения имеет ограниченное распространение. Он представлен обычно прожилками магнетита шириной в несколько миллиметров, выполняющими многочисленные трещины, которые на отдельных участках составляют до 10% объема породы.

Магнетит в цементе представлен в основном удлиненно-шестоватыми и неправильными зернами. В прожилках и краях он тонкозернистый, землистого сложения. Иногда в гнездах и жилах магнетит имеет друзовое строение, его кристаллы растут с обеих стенок навстречу друг другу, верхушки кристаллов хорошо огранены. Центральные части гнезд и прожилков, а также промежутки между кристаллами магнетита выполнены тонкозернистым и мелкокристаллическим кальцитом. Во вмещающих трапных брекчиях карбонатных породах магнетитовая минерализация обычно не встречается. По данным химического анализа содержание железа в участках развития рудной минерализации колеблется от первых до

47% (А-215). На основании имеющихся данных можно утверждать, что с телами трапцевых брекчий связаны небольшие залежи магнетитовой руды непромышленного значения. Выявить здесь более крупные скопления магнетита вряд ли возможно, так как район относительно хорошо изучен магнитной съемкой и пока нигде не зафиксировано крупных магнитных аномалий, характерных для месторождений Ангаро-Илимского района.

Таким образом, в Мало-Ботуобинском районе широко развиты трапцевые брекчии, принадлежащие к нескольким возрастным группам. По форме и условиям образования среди них можно выделить трубчатые и трещинные тела и жерловины. Механизм формирования трубок взрыва до настоящего времени является предметом острых дискуссий. Не вдаваясь в детали этого вопроса, отметим, что наиболее обоснованной следует считать гипотезу образования трубок в результате газо-взрывного прорыва [100]. Книзу трубки переходят в вытянутые по направлению глубинного разлома трещинные тела — подводные каналы, которые явились путями проникновения газов и расплава из магматических очагов, расположенных на глубине. Образование интрузивных брекчий связано, вероятно, с закрытыми близповерхностными локальными эксплозиями газовой фазы, отделившейся от небольших порций перегретых, пересыщенных летучими компонентами магматических расплавов [74]. Из-за незначительного объема выделенной газовой фазы сила взрыва была невелика, что привело к дроблению небольших участков вмещающих пород, обычно без выхода полостей взрыва на дневную поверхность. Трубки взрыва и тела трапцевых брекчий трещинного типа приурочены к зонам повышенной проницаемости — разломам в кристаллическом фундаменте, которые, вероятно, имеют более глубинное заложение и затрагивают верхние горизонты верхней мантии.

А. Д. ХАРЬКИВ, Г. А. ПОНОМАРЕНКО,
В. Е. МИНОРИН

КИМБЕРЛИТОВЫЕ БРЕКЧИИ МАЛО-БОТУОБИНСКОГО РАЙОНА И ИХ АЛМАЗОНОСНОСТЬ

Кимберлитовые породы Восточной Сибири развиты на обширной территории, протягивающейся с юга на север от среднего течения р. Вилюй до нижнего течения рек Оленек и Ана-

бар. Наиболее южным алмазоносным районом является Мало-Ботуобинский, который совместно с Далдыно-Алакитским и Верхне-Мунским районами образует Виллойскую алмазоносную область. В данной статье охарактеризованы кимберлиты в основном Мало-Ботуобинского района с привлечением некоторых данных по кимберлитам алмазоносных районов, расположенных севернее вышеназванного. Геологоструктурное положение кимберлитовых тел Мало-Ботуобинского района в региональных тектонических структурах и стратиграфическом разрезе платформенного чехла Сибирской платформы кратко освещено в предыдущей статье данного сборника, поэтому здесь эти вопросы не рассматриваются.

По форме проявления в земной коре кимберлитовые тела можно разделить на тела кимберлитовых брекчий трубчатой формы и жильные тела кимберлитов. Трубки, в свою очередь, по форме сечения делятся на изометричные (овальные) и удлиненные (линзовидные). Первые характеризуются сравнительно простой морфологией, выдержанностью формы на глубину и крутыми углами падения контактов. Вторые отличаются более сложным строением и формой сечения, имея нередко раздувы и пережимы; форма их сечения на глубину невыдержанная, и они сравнительно быстро (в пределах первых сотен метров) переходят в жилы — подводящие каналы трещинного типа.

Строение кимберлитовых брекчий трубчатой формы

В Мало-Ботуобинском районе резко преобладают трубчатые кимберлитовые тела. На поверхности они имеют форму неправильных овалов, длинные оси которых ориентированы в северо-западном направлении по азимуту $315-335^\circ$. Соотношение коротких и длинных осей трубок колеблется от $1:1$ до $1:3$. В вертикальном разрезе трубчатые структуры можно разделить на две части: раструб, венчающий приповерхностную часть трубки, и цилиндрический канал, который с глубиной переходит в трещинное (жильное) тело шириной от нескольких до первых десятков метров. Типичные воронки взрыва (раструбы) только частично сохранились от эрозии. Углы падения контактов тел в раструбах колеблются от 50 до 75° ; протяженность раструбов на глубину — от десятков до $100-200$ м. Глубже форма канала становится либо цилиндрической с субвертикальными контактами, либо постепенно приобретает линзовидность, и трубки переходят в жилы. С учетом эро-

дированной части кимберлитовых трубок общая протяженность раструбов на глубину составляет от 100 до 300 м. Глубина перехода цилиндрического тела трубки в подводящий канал в осадочном чехле в большинстве случаев зависит от размеров сечения трубки на уровне современного эрозионного среза. Так, одна из небольших трубок в приповерхностной части имеет крутопадающие контакты, которые с глубиной заметно выполаживаются, что приводит к значительному сужению трубки в поперечном сечении при сохранении размера в продольном разрезе. На глубине 150 м от поверхности цилиндрическое тело сменяется подводящим каналом мощностью всего в несколько метров. Однако известны примеры, когда небольшие в сечении трубки сохраняют цилиндрический канал на большую глубину. Можно предполагать, что конфигурация кимберлитовых трубок в разрезе зависит прежде всего от энергии взрыва и объема летучих компонентов в поднимающейся колонне магматического расплава. Небольшие порции расплава не могли прорвать экранную породу и застывали в виде интрузивных кимберлитовых жил (например, жила А-21). Переход цилиндрического тела в трещинный подводящий канал осуществлялся на различных стратиграфических уровнях, но ни в одном случае он не был зафиксирован ниже границы осадочного чехла с кристаллическим фундаментом, о чем косвенно свидетельствует состав ксеногенного материала в кимберлитовых брекчиях района.

Процесс формирования трубок взрыва сопровождается дроблением и растрескиванием вмещающих пород, образованием в последних брахиантиклинальных складок, обычно возле крупных кимберлитовых тел. Такие диашировые структуры образуются в самой верхней части пород осадочного чехла, в пределах раструба кимберлитовых тел, и быстро выполаживаются с глубиной. Размеры брахиантиклинальных поднятий редко достигают в поперечнике до 1,5 км, ориентировка их в плане совпадает с направлением длинной оси трубок. Возле отдельных небольших тел брахискладки вмещающих пород не проявляются. Крылья складок осложнены вдоль периметра кимберлитовых тел мелкими сбросами с амплитудой обычно до нескольких метров. Изучение структуры вмещающих трубки осадочных пород иногда позволяет установить этапность становления кимберлитовых пород. Отдельные крупные фазы внедрения по-разному отражаются в структуре соприкасающихся с ними вмещающих пород, что, например, было замечено В. Ф. Шеремеевым в карьере трубки Мир. Кроме региональных систем трещин, во вмещающих породах образуются

местные трещины, радиальные и концентрические по отношению к трубкам. По радиальным трещинам иногда наблюдаются небольшие апофизы кимберлитовых пород во вмещающие породы. «Дотрубочные» трещины нередко выполнены жилами кимберлитовых пород.

Жильные тела кимберлитов

Жильные тела кимберлитов в Мало-Ботуобинском районе делятся на самостоятельные жилы и жилы, сопряженные с кимберлитовыми трубками.

Самостоятельные кимберлитовые жилы. К настоящему времени в Мало-Ботуобинском районе открыта только одна самостоятельная кимберлитовая жила А-21, детально описанная в работе А. Д. Харькива и др. [216]. Жила в плане имеет чечевицеобразную форму. Мощность ее непосредственно под юрскими отложениями — от первых сантиметров до 1,5 м, ниже она несколько расширяется и на глубине 25 м достигает 8 м, на глубине 30—90 м — не превышает 3 м, а в интервале 110—120 м — уменьшается до 1,5 м.

Кимберлитовые жилы, сопряженные с трубками. В процессе проведения геологоразведочных и эксплуатационных работ на участках расположения кимберлитовых трубок во вмещающих породах были обнаружены жильные тела кимберлитов. Так, в районе трубок Мир и Спутник кимберлитовая жила соединяет эти трубки и далее прослеживается на 200 м к юго-востоку от трубки Мир. Жила фиксируется в пределах трубки Спутник, прорывает ее и продолжается к северо-западу, а у трубки Мир она обрывается непосредственно на контакте [232]. Четыре кимберлитовые жилы вскрыты во вмещающих породах около трубки № 1. Две из них имеют северо-западное простирание, совпадающее с направлением длинной оси трубки, две другие — северо-восточное. Мощность кимберлитовых жил варьирует от нескольких до 70 см. Взаимоотношение между кимберлитовыми жилами и трубкой пока не выяснено.

Наиболее детально изучено строение кимберлитовой жилы в районе трубки Мир. Мощность жилы колеблется от 15 до 30 см; простирание 325° , углы падения $80-90^\circ$. В стенках карьера наблюдается неоднократное расщепление жилы на несколько апофизы мощностью от 1 до 10 см. Во вмещающих породах апофизы либо выклиниваются, либо снова соединяются с главной жилой. Кимберлитовая жила в некоторых

участках трубки Спутник имеет ступенчатое строение, что обусловлено горизонтальным перемещением жилы под воздействием тектонических напряжений. То же характерно и для кимберлитовой жилы, вскрытой в северо-восточной части карьера (рис. 1), где отмечаются неоднократные разрывы жилы и смещение ее отдельных участков на расстояние от нескольких сантиметров до 2 м. Плоскость срыва, как правило, горизонтальная и совпадает с пропластками глинистых пород (мергелей, глинистых известняков), которые, будучи пластичными, значительно облегчали скольжение. Контакты вмещающих пород с кимберлитом всегда резкие. В кимберлите наблюдаются четкие отпечатки поверхности стенок трещин, причем копируются даже детали рельефа стенок. Следы термических воздействий со стороны кимберлитового расплава на

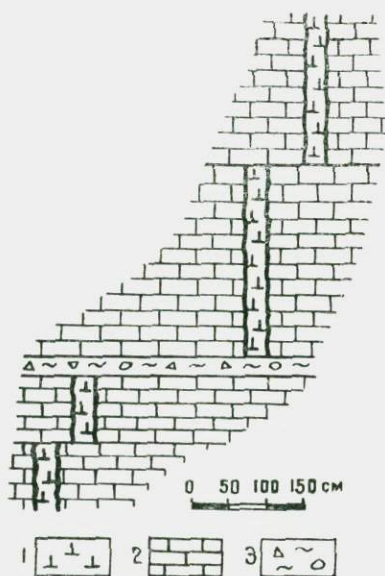


Рис. 1. Ступенчатый характер строения жилы Мир:

1 — кимберлитовые породы; 2 — вмещающие терригенно-карбонатные породы нижнего ордовика; 3 — милонитизированные вмещающие породы плоскостей тектонических нарушений

вмещающие породы отсутствуют, иногда наблюдается уплотнение пород на контакте с жилой, здесь же отмечается мало-мощная оторочка из поперечноволокнистого кальцита.

Порода жил в большинстве случаев представлена плотным, сильно измененным кимберлитом с незначительным количеством ксенолитов. Для всех изученных жил кимберлитов характерны довольно крупные зерна пирона и пикроильменита. Здесь они гораздо крупнее, чем в кимберлитовых породах рядом расположенных трубок. Минеральный состав кимберлитовых жил заметно отличается от минерального состава кимберлитов трубчатой фации, с которыми они непосредственно сопряжены. Так, содержание пирона в кимберлитовой жиле Мир в 1,5 раза, а пикроильменита в 7 раз выше, чем в трубке Мир. Существенные различия установлены между жильными и трубчатыми кимберлитами в районе трубки № 1. Здесь в кимберлите одной из жил содержание пикроильменита равно 0,61%, а пирона — 0,12%, тогда как в кимберлитовых породах трубки пикроильменита мало (0,01%), а пирона в 2 раза больше, чем в жиле. Содержание хромшпинели в кимберлитовых жилах определяется знаками, тогда как в кимберлитах трубки ее среднее содержание составляет 0,03%. Среди минералов-спутников алмаза в кимберлите жилы IV (район трубки № 1) резко доминирует парагенетическая ассоциация минералов титановой группы (пикроильменит, оранжевый пироп), тогда как в самой трубке преобладает хромовая ассоциация минералов (хромовый гранат, хромшпинелид). По ассоциации минералов-спутников алмаза жила IV имеет много общего с самостоятельной жилой А-21. Остальные кимберлитовые жилы, вскрытые в районе трубки № 1, по количественному содержанию минералов-спутников алмаза также отличаются от кимберлитов трубчатой фации. Химический состав кимберлитов жильной фации отличается от состава кимберлитов трубчатой фации прежде всего повышенным содержанием титана (в 2—3 раза), а в некоторых случаях и фосфора (жила Мир).

Все вышесказанное свидетельствует о том, что большинство кимберлитовых жил, сопровождающих трубки взрыва, являются самостоятельными телами с характерными структурными и химико-минеральными особенностями. Их образование происходило, вероятно, даже независимо от той кимберлитовой трубки, которую они сопровождают, и в большинстве случаев оно было связано с более ранней фазой кимберлитового магматизма, чем образование кимберлитовых трубок.

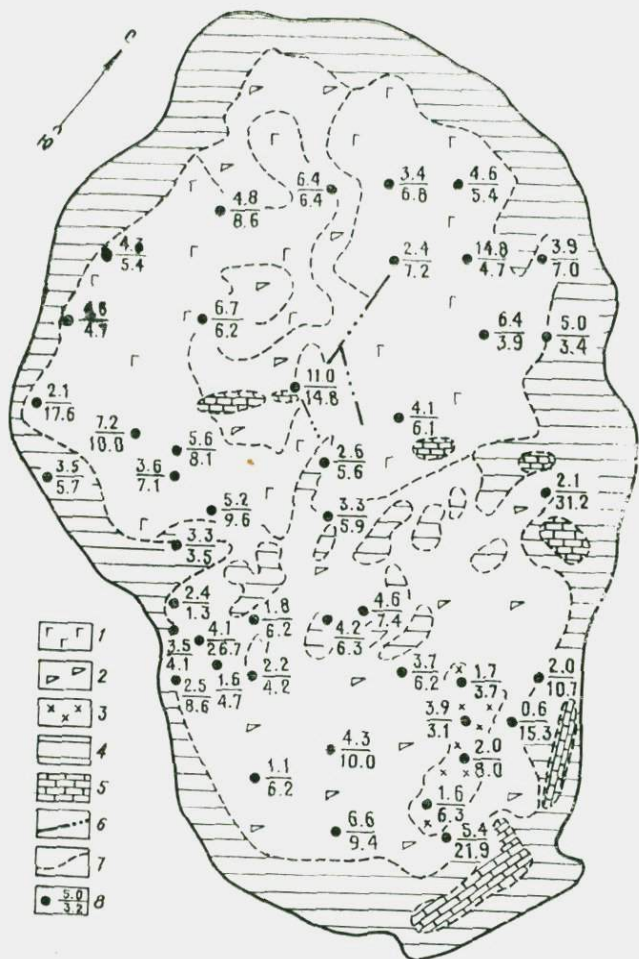
Как известно, кимберлитовые жилы нередко соединяют кимберлитовые трубки (алмазоносные провинции Якутии и Южной Африки). Примером подобного рода для якутских кимберлитов могут служить трубки Мир и Спутник, соединенные кимберлитовой жилой, а также трубки Ленинградская и Геофизическая с соединяющей их дайкой. Учитывая явно выраженную тенденцию кимберлитовых трубок к групповому расположению, обусловленную, по-видимому, тектоническими причинами и спецификой процессов кимберлитобразования в глубинных частях Земли, поисково-разведочные работы в районах известных кимберлитовых трубок и особенно там, где развита жильная фация кимберлитов, необходимо проводить с особой тщательностью, так как вблизи жил могут быть трубки или раздувы на самих жилах. Прежде всего это касается районов, где кимберлитовые тела трубчатого и жильного типов перекрыты более молодыми осадочными или изверженными породами.

Внутреннее строение кимберлитовых тел

Еще при разведке первых кимберлитовых трубок было замечено, что становление некоторых из них происходило в несколько этапов и что алмазоносность разных этапов внедрения кимберлитовых пород не всегда одинаковая. Только небольшие по размерам кимберлитовые тела казались однородными. Но при детальном изучении вещественного состава кимберлитовых пород стало очевидно, что становление практически всех кимберлитовых тел не ограничивалось одним этапом внедрения расплава. Критерии разграничения разных этапов, и особенно установление последовательности внедрения, не всегда достаточно эффективны и нуждаются в доработке. Наиболее информативными признаками при разделении кимберлитов на этапы следует считать: химический состав, особенно содержание инертных компонентов (TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , P_2O_5); содержание, физические и химические свойства минералов глубинного (протомагматического) этапа кристаллизации; алмазоносность кимберлитов, кристаллографические и физические свойства алмазов; содержание включений глубинных (мантийных) пород, ксенолитов фундамента платформы и осадочных пород; строение и состав основной массы кимберлитов и автолитов; степень изменения кимберлитов; наличие контактов между кимберлитами отдельных этапов формирования. Изучение внутренней морфологии многих кимберлитовых трубок позволяет выделить две группы

тел сложного строения: многоступенчатые трубки с незначительными различиями между кимберлитами разных этапов внедрения (трубки Мир, № 1, Заполярная и др.) и многоступенчатые трубки с четкими различиями между кимберлитами разных этапов внедрения (трубки Амакинская, Айхал, Дальняя и др.).

Отсутствие единого подхода к выделению кимберлитов отдельных этапов формирования привело к появлению разных мнений относительно внутреннего строения даже хорошо изученных трубок. Особенно большие трудности возникают при решении вопросов внутренней морфологии трубок первой группы, где различия между кимберлитами нечеткие, а какие-либо поверхности раздела между этапами, как правило, отсутствуют. Так, например, первые исследователи пришли к выводу, что трубка Мир имеет относительно простое строение [20, 21, 211]. А. П. Бобрневич с соавторами выделил в пределах трубки два типа пород — эруптивные кимберлитовые брекчии и кимберлитовые туфы. Позже, в процессе ее эксплуатации, А. И. Боткунов [32] обосновал выделение шести типов кимберлитовых пород, считая их генетическими. Г. В. Зольников и В. К. Маршинцев [70] в пределах трубки Мир установили две разновидности кимберлитов, а И. К. Шадаев кимберлитовые породы трубки разделил на три генетических типа и несколько разновидностей. По данным этих авторов, трубка Мир сформировалась в результате проявления трех этапов кимберлитового магматизма (рис. 2). Кимберлитовые брекчии первого этапа внедрения слагают большую часть северо-западной половины трубки. По данным бурения с глубиной площадь распространения брекчий этого этапа значительно сокращается и в интервале 600—700 м они полностью исчезают, уступая место кимберлитовым брекчиям второго этапа внедрения, которые на уровне современного среза выполняют юго-восточную часть трубки Мир. Кимберлитовые брекчии второго этапа внедрения образуют также инъекции в северо-западной части трубки в виде неширокой полосы северо-западного простирания, пересекающей брекчии первого этапа на два блока. По сравнению с довольно однородными брекчиями первого этапа внедрения породы второго этапа образуют более сложное тело, насыщенное рифами вмещающих карбонатных пород, переработанных кимберлитовым расплавом. Особенно большие концентрации рифов отмечаются на контакте между брекчиями первого и второго этапов внедрения, где полоса рифового материала в меридиональном направлении пересекает трубку на две части. В кимберлитовых



Р и с. 2. Геологоструктурная схема трубки Мир:

1 — голубые кимберлитовые брекчи первого этапа внедрения; 2 — серые кимберлитовые брекчи второго этапа внедрения; 3 — кимберлиты третьего этапа внедрения; 4 — зидоконтактные кимберлитовые брекчи; 5 — ксенолиты осадочных пород; 6 — дизъюнктивные нарушения; 7 — контакты между разновидностями кимберлитовых пород; 8 — содержание (в %) ксенозитов траппов (числитель) и осадочных пород (знаменатель)

брекчиях второго этапа отмечается повышенное количество включений ультраосновных пород и эклогитов, а ксенолиты диабазов, наоборот, встречаются реже. Изучение контактов между кимберлитами двух этапов дает достаточно полное представление о последовательности их внедрения. Резких секущих контактов нет, но почти повсеместно наблюдается зона брекчий, представляющих механическую смесь первого и второго этапов внедрения, причем брекчии северо-западной части трубки обычно в виде включений встречаются в брекчиях юго-восточной ее части. Ширина зоны смешивания непостоянна — от 1—2 до 15—25 м. Кимберлитовые породы третьего этапа внедрения образуют в юго-восточной части трубки вытянутое в северо-западном направлении дайкообразное тело размером 30—40×120 см. Контакты с вмещающими кимберлитовыми брекчиями резкие, секущие. По данным И. К. Шалаева, в зоне контакта широко развита сульфидная минерализация, а вмещающие брекчии значительно расслаиваны и раздроблены. Здесь развиты многочисленные прожилки кальцита. Кроме описанных трех типов кимберлитовых брекчий трубки Мир, образование которых происходило в результате последовательного внедрения самостоятельных порций кимберлитового расплава из эволюционирующего магматического очага, вдоль контакта с вмещающими породами почти повсеместно отмечаются своеобразные кимберлитовые брекчии, названные нами эндоконтактовыми брекчиями. Мощность их непостоянная от 5—10 до 40—50 м. По нашему мнению, эндоконтактовые брекчии не связаны с самостоятельным этапом формирования, а представляют собой своеобразные фациальные разновидности вышеописанных кимберлитовых брекчий, обусловленные близостью вмещающих пород и циркулирующей постмагматических растворов. Эти породы наиболее интенсивно карбонатизированы, сильно насыщены ксенолитами вмещающих карбонатных пород (35—60%) и характеризуются самой низкой алмазоносностью.

Кимберлитовая трубка Амакинская сложена брекчиями двух этапов внедрения, причем различия между брекчиями весьма существенны [212]. В юго-восточной части трубки развиты мелкообломочные брекчии, сложенные ксенолитами вмещающих осадочных пород, сцементированных мелкопорфировым кимберлитом. Содержание пирропа определяется редкими знаками, тогда как количество пикрольменита относительно повышено. Северо-восточная часть трубки выполнена среднеобломочной кимберлитовой брекчией, состоящей из ксенолитов осадочных пород и диабазов, сцементированных крупно-

порфировым кимберлитом. Содержание пироба и пикроильменита здесь повышено; изредка встречаются включения гранатсодержащих серпентинитов и брекчий, развитых в юго-восточной части трубки. Характер контактов между брекчиями юго-восточной и северо-западной частей трубки не изучен. Наличие включений мелкообломочных брекчий юго-восточной части трубки в крупнообломочных брекчиях северо-западной ее части, а также ряд других признаков свидетельствуют о том, что порода юго-восточной части Амакинской трубки образовалась в первый этап внедрения, а северо-западной — во второй.

Одноэтапные кимберлитовые тела, примером которых являются трубки им. XXIII съезда КПСС, Спутник и некоторые другие, сложены сильно измененными (карбонатизированными) брекчиями, иногда содержащими повышенное количество терригенного материала (Спутник). Они сложены псевдоморфозами кальцита и серпентина по оливину, ксенолитами осадочных пород, сцементированными серпентин-кальцитово-основной массой. Ксенолиты диабазов не превышают первых процентов объема, обломки кристаллических сланцев фундамента платформы и ксенолиты мантийных пород чрезвычайно редки. Содержание пироба и пикроильменита в сумме обычно не превышает 1%.

Вещественный состав кимберлитовых брекчий

Наиболее распространенным типом кимберлитовых пород Мало-Ботуобинского района являются брекчии, бедные слюдой. В результате исследований последних лет получено много новых данных по вещественному составу кимберлитовых пород трубки Мир, поэтому в основном дается характеристика ее брекчий (табл. 1).

С целью более эффективного обоснования выделенных этапов внедрения кимберлитовых брекчий по данным 78 химических анализов приведено сравнение этих пород между собой по содержанию SiO_2 , TiO_2 , Cr_2O_3 , P_2O_5 и K_2O . Расчеты выполнены Н. С. Маковской с помощью методов математической статистики. Химические анализы сгруппированы по этапам внедрения и по разновидностям. Показателями различия между разновидностями являются: t -критерий Стьюдента (различия средних) F -критерий Фишера и различия дисперсий. Средние содержания \bar{X} перечисленных компонентов и их дисперсий по разновидностям приводятся в табл. 2. Для большинства пар разновидностей по t -критерию Стьюдента устанавливаются

Характеристика кимберлитовых пород трубки Мир

Кимберлитовые брекчи различных этапов внедрения	Цвет	Цвет псевдоморфоз по оливину	Состав основной массы	Содержание, %				Cr ₂ O ₃ , %
				псевдоморфоз по оливину	автолитов	пирропа	TiO ₂	
I-го	Голубовато-серый	Желтоватый, буровато-желтый	Серпентиновая и карбонат-серпентиновая с идиоморфными зернами магнетита, перовскита и чешуйками флогопита	25—35	30—35	0,4—1,0	1,5—2,9	0,143
II-го	Серый, темно-серый до черного	Зеленый, серо- и буровато-зеленый	Карбонат-серпентиновая с зернами магнетита, перовскита и микролитами карбоната	25—45	10—25	0,2—0,4	0,4—1,5	0,103
III-го	Буровато-серый	Голубовато-зеленый	Карбонат-серпентиновая, микролитовая и безмикролитовая	40—65	5—10	0,3—0,5	1,24—2,23	0,118

Статистические характеристики кимберлитовых пород трубки Мир

Оксиды	1			2			3			4			5		
	n	\bar{X}	S ²	n	\bar{X}	S ²	n	\bar{X}	S ²	n	\bar{X}	S ²	n	\bar{X}	S ²
SiO ₂	34	30,86	6,6742	14	38,21	3,2284	5	30,44	2,6170	13	33,09	2,5415	10	33,78	2,2654
TiO ₂	35	1,7	0,2145	14	1,2	0,0948	5	1,52	0,0430	13	1,64	0,0481	10	1,33	0,728
Cr ₂ O ₃	35	0,145	0,0016	14	0,103	0,0012	5	0,118	0,0048	13	0,126	0,0004	11	0,10	0,0004
P ₂ O ₅	35	0,296	0,0056	14	0,268	0,0056	5	0,516	0,0320	13	0,273	0,0009	11	0,289	0,0010
K ₂ O	35	0,27	0,0184	14	0,41	0,1046	5	0,43	0,0165	13	0,39	0,0381	11	0,44	0,0381

Примечание: 1 — голубые кимберлитовые брекчии (первый этап внедрения); 2 — серые кимберлитовые брекчии (второй этап внедрения); 3 — кимберлиты третьего этапа внедрения; 4 — пятнистые кимберлитовые брекчии (смесь пород первого и второго этапов внедрения); 5 — кимберлитовые брекчии эндоконтакта; n — число анализов; \bar{X} — среднее содержание; S² — дисперсия.

ся значимые различия средних содержаний с достоверностью 95,00—99,99%.

Между основными разновидностями кимберлитовых брекчий трубки Мир — голубыми кимберлитовыми брекчиями первого этапа внедрения (1), серыми кимберлитовыми брекчиями второго этапа внедрения (2) и пятнистыми кимберлитовыми брекчиями зоны контаминированных пород (4) — значимые различия устанавливаются по двум-трем элементам (табл. 3). Кимберлиты третьего этапа внедрения (3) значительно отличаются от других разновидностей только по содержанию фосфора. Возможны незначительные различия по другим элементам, обусловленные недостаточным количеством химических анализов. Значимое различие между кимберлитовыми брекчиями второго этапа и приконтактовыми брекчиями по K_2O объясняется высоким содержанием ксенолитов глинисто-карбонатных пород.

Т а б л и ц а 3

Рассчитанные значения t-статистики Стьюдента

Пары разновидностей пород	Окислы				
	SiO_2	TiO_2	Cr_2O_3	P_2O_5	K_2O
t 1—2 *	9,7	3,7	3,3		
t 1—4	3,56		2,18		
t 1—5	4,49	3,19	4,84		3,47
t 2—3	8,49	2,13			
t 2—4	7,76	4,27	2,3		
t 3—1				2,75	
t 3—2				3,02	
t 3—4				3,04	
t 3—5				2,84	

* Под номерами 1, 2, 3, 4 и 5 следует подразумевать разновидности кимберлитов, соответствующие этим номерам в табл. 2; t-критерий Стьюдента.

Благодаря большому количеству (285) химических анализов кимберлитов верхнего горизонта трубки представилась возможность отразить графически изменение содержаний основных окислов (MgO , CaO и TiO_2) по площади тела (рис. 3, 4 и 5).

Породы, слагающие трубку, сильно изменены постмагматическими процессами, важнейшими из которых являются площадная серпентинизация и карбонатизация. Между содержаниями MgO и CaO наблюдается четкая обратная связь, т. е.

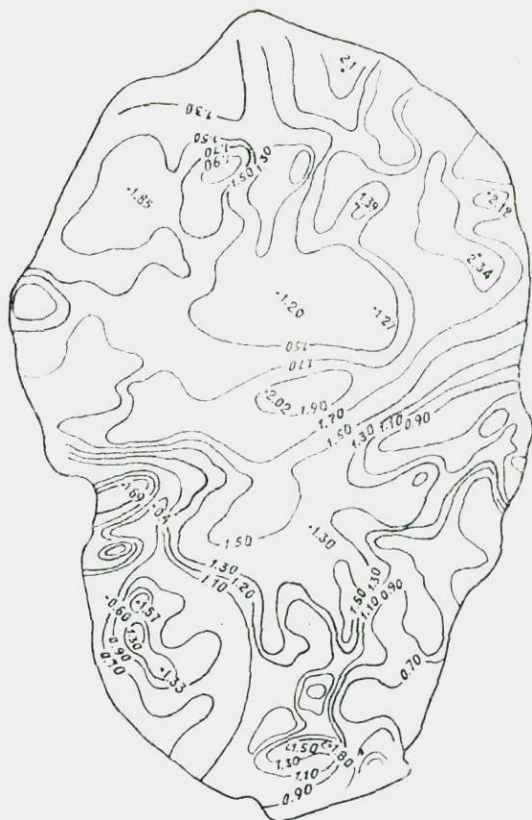


Рис. 3. Распределение содержания СаО (в %) в кимберлитовых породах верхних горизонтов трубки Мир

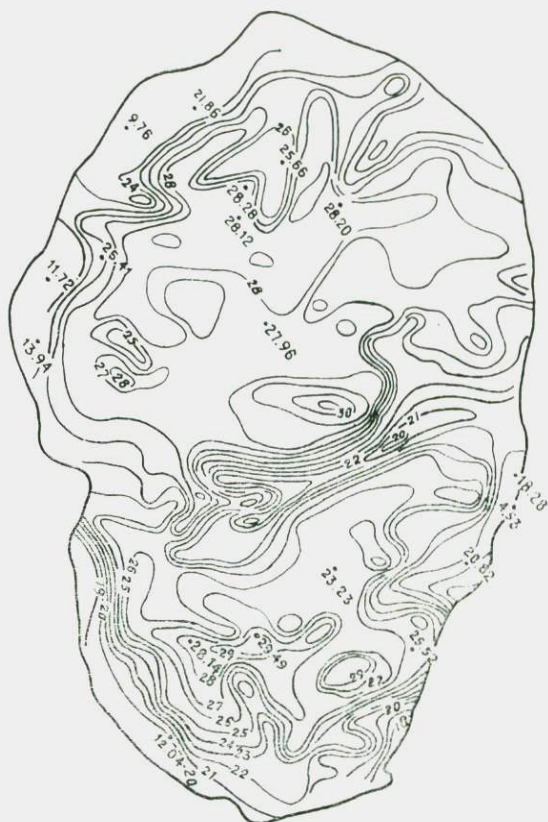
пронсходившая по серпентинизированным породам карбонатизация сопровождалась увеличением концентрации кальция. Содержание СаО колеблется в очень широких пределах — от 4 до 34%, наиболее высокие содержания (21—34%) характерны для приконтактовых зон с постепенным уменьшением к центру трубки. В северо-западной и юго-восточной ее частях выделяются два участка с минимальным (4—7%) содержанием СаО, разделенные довольно широкой полосой субширотного простирания с повышенным содержанием СаО, совпадающей с зоной кимберлита, обогащенного ксенолитами карбонатных пород. Приуроченность резко повышенного содержания карбонатного вещества к приконтактовым частям трубки



Р и с. 4. Распределение содержания MgO (в %) в кимберлитовых породах верхних горизонтов трубки Мир

и к зонам повышенного содержания ксенолитов карбонатных пород не позволяет согласиться с мнением И. П. Илупина [84] о мантийном происхождении карбоната в кимберлитах.

Участки максимального развития MgO приурочены к центральным частям трубки, а для приконтактных ее зон характерны минимальные (9—10%) ее содержания. Кроме уменьшения содержания магния, с возрастанием степени карбонатизации кимберлитов происходит частичная десиликация породы, при этом выделяется свободный кремнезем, слагающий псевдоморфозы по оливину и выполняющий мельчайшие трещинки и пустоты в породе. При площадной карбонатизации



Р и с. 5. Распределение содержания TiO_2 (в %) в кимберлитовых породах верхних горизонтов трубки Мир

происходит и перераспределение никеля. В псевдоморфозах по оливину вместе с крупнозернистым карбонатом иногда отмечаются волосовидные выделения миллерита. Титан является наиболее инертным компонентом. Он концентрируется в пикрольмените и неровските и содержание его, таким образом, зависит от количества и распределения этих минералов в породах.

Содержание TiO_2 в кимберлитах трубки составляет 1,55% (среднее из 79 анализов). В распределении содержания титана отмечается определенная закономерность. В брекчиях первого этапа внедрения содержание его колеблется от 1,5 до 2,9%, только в единичных случаях опускается немного ниже

нижнего предела, а в кимберлитовых брекчиях второго этапа от 0,4 до 1,5%. Таким образом, изолиния, соответствующая 1,5%, является как бы разграничительной для титана кимберлитов двух этапов внедрения. Для контактовых брекчий характерно промежуточное значение содержания TiO_2 — от 1,2 до 1,9%. Довольно существенно отличается среднее содержание TiO_2 , вычисленное по отдельным разновидностям кимберлитов (табл. 2).

Средний химический состав кимберлитов из трубок и жил Мало-Ботуобинского района приведен в табл. 4, из которой видно, что кимберлитовые породы характеризуются весьма существенными колебаниями как главных породообразующих окислов, так и второстепенных и аксессуарных компонентов. Это обуславливается несколькими причинами. Одной из главных причин различия химического состава кимберлитов является неодинаковый состав первичного магматического расплава. Содержание ряда инертных при последующих постмагматических преобразованиях окислов (TiO_2 и Cr_2O_3 , частично Al_2O_3 и FeO), вероятно, отражает истинное их содержание в магматическом расплаве. Правда, повышенное содержание глинозема в трубках Спутник и Тасжная объясняется в первом случае за счет примеси терригенного материала, главным образом полевого шпата, во втором — развитием коры выветривания в верхних горизонтах трубки, что, как правило, приводит к накоплению глинозема, железа и некоторых других элементов [213]. Не менее существенное влияние на состав кимберлитовых пород, несомненно, оказывают постмагматические процессы, в первую очередь карбонатизация. Кимберлитовые тела удлиненной формы — жилы, вытянутые трубки (Амакинская) — подвержены интенсивной карбонатизации. Трубки изометричной формы, даже если они имеют небольшие размеры (трубка им. XXIII съезда КПСС), карбонатизированы в значительно меньшей степени, чем удлиненные, а для крупных кимберлитовых тел степень карбонатизации в целом сравнительно низкая, за исключением приконтактных участков.

В табл. 5 приведен средний состав ксенолитов глубинных пород из трубки Мир, рассчитанный только по данным анализов малоизмененных вторичными процессами разновидностей. Точки составов включений, кимберлитов и траппов нанесены на диаграмму $MgO - CaO - FeO + Fe_2O_3$ (рис. 6). Как видно из диаграммы, точки составов большинства включений и кимберлитов образуют полосу, практически параллельную од-

Средний химический состав кимберлитовых пород, вес. %

Окислы	Трубка							Мало-Ботубинский район без трубки Мир	Жила		
	Мир	Спутник	№ 1	им. XXIII съезда КПСС	Таежная	Амакинская-сев.	Амакинская-юж.		Мир	Таежная	А-21
	31 *	9	6	7	3	4	6		25	4	2
SiO ₂	34,63	40,81	34,38	23,57	37,70	29,04	10,17	18,86	4,28	5,52	12,40
TiO ₂	1,39	0,59	0,37	0,66	1,37	0,84	1,38	1,55	2,10	0,80	2,48
Al ₂ O ₃	2,43	4,73	3,98	2,54	5,76	2,40	2,73	3,15	1,82	1,99	2,25
Cr ₂ O ₃	0,12	0,06	0,10	0,17	0,10	0,14	0,06	0,13	Не опр.	0,09	0,09
Fe ₂ O ₃	5,91	3,29	3,69	3,60	4,31	3,48	3,36	4,14	4,87	1,51	3,66
FeO	2,80	2,07	1,77	1,18	3,02	3,33	2,11	2,29	0,89	2,08	2,36
NiO	0,12	Не опр.	0,088	Не опр.	0,06	0,19	0,10	0,09	Не опр.	0,027	0,04
CoO	Не опр.	Не опр.	0,008	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,004	Не опр.
MnO	0,10	0,08	0,12	0,12	0,09	0,10	0,16	0,19	0,15	0,31	0,13
MgO	28,68	15,18	17,83	20,20	18,70	19,35	7,39	13,47	5,80	3,18	10,24
CaO	5,40	11,90	14,22	22,12	9,45	19,10	38,00	28,00	38,60	44,72	34,12
K ₂ O	0,38	1,74	0,84	0,49	0,57	0,32	0,39	0,41	0,28	0,23	0,48
Na ₂ O	0,19	0,64	0,16	0,21	0,16	0,18	0,20	0,20	0,14	0,25	0,26
P ₂ O ₅	0,23	0,45	0,38	0,50	0,32	0,82	0,52	0,61	1,20	1,03	0,83
SO ₃	0,07	Не опр.	0,03	0,21	0,15	Не обн.	0,25	0,35	4,36	0,08	0,44
CO ₂	6,03	Не опр.	11,28	16,50	7,79	12,30	26,59	20,84	30,30	36,06	27,24
П. п. п.	11,69	17,97	10,59	7,54	10,34	8,45	6,54	5,93	4,32	1,85	2,72
Сумма	100,17	99,51	99,84	99,61	99,89	100,04	99,95	100,21	99,11	99,73	99,74

* Количество анализов.

Средний химический состав включений глубинных пород трубки Мир

Окислы	Содержание, вес. %								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	41,93	41,8	50,41	43,50	48,32	43,12	43,81	45,91	26,87
TiO ₂	0,09	0,07	0,15	0,07	0,15	0,39	0,65	0,54	16,67
Al ₂ O ₃	2,14	0,12	3,59	2,56	4,96	14,95	13,29	15,018	2,56
Cr ₂ O ₃	0,26	0,19	0,66	0,27	0,44	0,11	0,026	0,108	0,41
Fe ₂ O ₃	1,31	1,02	4,00	1,57	3,25	1,57	3,66	3,31	7,34
FeO	6,48	6,60	4,01	6,23	3,96	5,4	7,19	7,43	10,02
NiO	0,21	0,24	0,10	0,18	0,08	0,03	0,018	He опр.	0,097
CoO	0,012	0,008	0,01	0,01	0,009	He опр.	He опр.	He опр.	0,013
MnO	0,12	0,11	0,16	0,13	0,17	0,19	0,20	0,181	0,16
MgO	41,62	44,17	31,51	39,53	24,38	20,66	15,14	12,38	22,188
CaO	0,35	0,42	1,61	1,67	9,55	7,83	10,34	9,85	3,99
K ₂ O	0,095	0,10	0,11	0,14	0,26	0,26	0,41	0,66	0,74
Na ₂ O	0,15	0,08	0,14	0,18	0,38	0,69	1,68	2,41	0,35
P ₂ O ₅	0,05	0,06	0,54	0,05	0,08	0,05	0,11	0,16	0,034
H ₂ O+	3,52	3,60	2,27	3,43	2,50	2,35	2,50	He опр.	5,98
H ₂ O-	0,54	0,50	0,60	0,42	0,39	0,57	0,38	0,225	He опр.
CO ₂	0,56	0,48	0,11	0,45	—	0,05	0,17	He опр.	2,48
SO ₃	0,09	0,07	0,08	0,07	0,08	0,88	0,31	He опр.	0,40
П. п. п.	0,19	0,14	0,80	0,30	0,34	1,39	0,47	2,23	—
Сумма	100,32	99,78	100,86	100,78	99,30	100,49	100,35	100,40	100,30

Примечание: 1 — гранатовые лерцолиты с низким содержанием клино- и ортопироксенов (среднее из 15 анализов); 2 — хромитсодержащие гранатовые лерцолиты с низким содержанием клино- и ортопироксенов (среднее из 17 анализов); 3 — гранатовые энстатититы (среднее из 13 анализов); 4 — гранатовые лерцолиты с низким содержанием клинопироксена и повышенным — ортопироксена (среднее из 19 анализов); 5 — гранатовые пироксениты (среднее из 8 анализов); 6 — магнезиальные эглогиты (среднее из 14 анализов); 7 — магнезиально-железистые эглогиты (среднее из 10 анализов); 8 — алмазовосные эглогиты (среднее из 7 анализов); 9 — ильменитовые гипербазиты (среднее из 7 анализов).

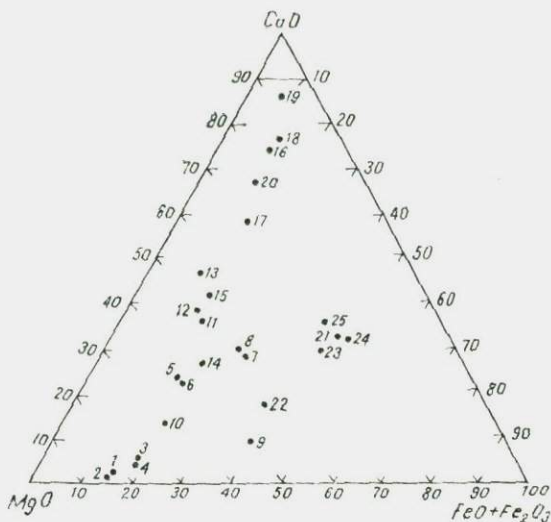


Рис. 6. Диаграмма составов ультраосновных пород, эклогитов, кимберлитов и траппов Мало-Ботуобинского района:

1 — включения гранатовых перидотитов с низким содержанием клино- и ортопироксенов (среднее из 15 анализов); 2 — хромитсодержащие гранатовые перидотиты с низким содержанием клино- и ортопироксенов (ср. из 17); 3 — гранатовые энстатиты (ср. из 13); 4 — гранатовые перидотиты с низким содержанием клинопироксена и повышенным — ортопироксена (ср. из 19); 5 — гранатовые пироксениты (ср. из 8); 6 — магнезиальные эклогиты (ср. из 14); 7 — магнезиально-железистые эклогиты (ср. из 10); 8 — алмазопосные эклогиты (ср. из 7); 9 — ильменитовые гипербазиты (ср. из 7); кимберлитовые брекчи трубок: 10 — Мир, (ср. из 31), 11 — Слутник (ср. из 9), 12 — № 1 (ср. из 6), 13 — им. XXIII съезда КПСС (ср. из 7), 14 — Тасежная (ср. из 3), 15 — Амакская Северная (ср. из 4), 16 — Амакская Южная (ср. из 6); кимберлиты: 17 — Мало-Ботуобинского района без трубки Мир (ср. из 26 анализов, по Н. П. Илущину и В. Г. Лутцу, 1970), 18 — жилы Мир (ср. из 4), 19 — жилы Тасежной (ср. из 2), 20 — жилы А-21 (ср. из 4); 21 — диабазы силлов, проварных трубкой Мир (ср. из 5); 22 — ксенолиты диабазов трубок Мир и им. XXIII съезда КПСС; 23 — диабазы из трубок взрыва траппов (ср. из 7); траппы формации: 24 — среднепалеозойской (ср. из 105, по В. Л. Масайтису и А. А. Рябченко), 25 — позднепалеозойской (ср. из 113, по В. Л. Масайтису и А. А. Рябченко)

ной из сторон треугольника ($MgO-CaO$), т. е. по железистости сравниваемые породы близки между собой. Наиболее магнезиальными породами являются включения гранатовых и шпинелевых дунитов с низкими содержаниями гранатов и шпинели. Гранатовые лерцолиты с низким содержанием клинопироксена и гранатовые энстатиты также характеризуются повышенной магнезиальностью. Для энстатитов отмечается повышенное содержание кремнекислоты. Гранатовые пироксениты и породы, отнесенные нами к магнезиальным эклогитам, благодаря повышенному содержанию клинопироксена, содержат гораздо больше CaO , чем некоторые другие группы включений, упомянутых выше. Между собой они отличаются содержаниями Al_2O_3 (ввиду высокого содержания граната в магнезиальных эклогитах алюминия в 3 раза больше, чем в гранатовых пироксенитах) и кремнекислоты. Несколько обособленно располагаются точки составов алмазонасных эклогитов и эклогитов магнезиально-железистой группы, в которых алмазы не установлены. По составу эти две группы эклогитов близки, а наличие или отсутствие в них алмазов, по всей вероятности, связано с неравномерным распределением этого минерала в эклогитах. Включения ильменитовых гипербазитов отличаются от всех сравниваемых пород повышенной железистостью, чрезвычайно высоким содержанием титана и низкими содержаниями кремнекислоты и кальция, поэтому точки среднего состава этих пород на диаграмме располагаются несколько обособленно, сдвигаясь в сторону вершины суммарного железа. Местоположение точек составов кимберлитов во многом зависит от степени их карбонатизации. Так, кимберлитовые породы трубки Мир, являющиеся наименее карбонатизированными, на диаграмме тяготеют к магнезиальной вершине, располагаясь в поле точек включений пироксеносодержащих пород, тогда как кимберлиты других трубок и особенно жильные кимберлиты ввиду их интенсивной карбонатизации тяготеют к кальциевой вершине диаграммы. Точки составов включений днабазов несколько сдвинуты в сторону вершины суммарного железа, что обусловлено их повышенной железистостью и низкой магнезиальностью, хотя содержание железа в них не выше, чем в некоторых разновидностях эклогитов (алмазонасных и магнезиально-железистых), и гораздо ниже, чем во включениях ильменитовых гипербазитов.

Большинство исследователей считает, что кимберлитовые породы являются производными вещества верхней мантии, о составе которого можно судить по включениям глубинных по-

род из кимберлитовых трубок. Однако, как видно из приведенных средних составов включений, ни один тип этих пород путем прямого переплавления не может дать кимберлитовый расплав, что отмечалось ранее И. П. Илупиным и Б. Г. Лутцем [83]. По мнению этих исследователей, кимберлитовый состав может быть получен при смешивании четырех частей ультраосновных включений и одной части включений ильменит-пироксен-флогопитового типа. Но поскольку включения пород с ильменитом в кимберлитах очень редки, то возможность образования кимберлитов из предложенной смеси вышеуказанные авторы считают маловероятным. Поэтому они предполагают, что кимберлитовый расплав выплавляется из пород мантии, залегающих ниже слоя гранатовых перидотитов. Эти породы характеризуются слабой дифференциацией и по составу близки к кимберлитам. Однако включения таких пород в кимберлитах нигде в мире не установлены, поэтому вряд ли есть основания предполагать вообще их существование. Нам представляется, что кимберлитовый расплав мог образоваться за счет плавления гранатовых перидотитов с добавлением более легкоплавкой части ильменитовых гипербазитов, которые, по нашим данным, слагают самые верхи верхней мантии. Количество включений ильменитовых гипербазитов в кимберлитовых трубках, видимо, не столь мало, как это принято считать. Последние детальные исследования кимберлитов Якутии [168] и Южной Африки показали, что включения ильменитовых гипербазитов встречаются во многих трубках, даже в тех, где они ранее никем не отмечались.

Алмазоносность кимберлитовых пород

Результаты изменчивости алмазоносности в плане рассмотрим на примере трубки Мир. Дисперсионным анализом установлено, что северо-западная ее часть характеризуется достаточно однородным распределением содержания алмазов в отличие от юго-восточной. Распределение алмазов в трубке неоднородное, причем неоднородность ярче проявляется вдоль длинной оси месторождения и связана в значительной мере с изменчивостью алмазоносности на юго-востоке трубки. Проверка на неоднородность критерием Родинова осуществлялась Н. С. Маковской, которая выделила три различных по алмазоносности участка, среди них центральный располагается на границе северо-западной и юго-восточной частей месторождения. Поверхность тренда характеризуется наличием двух участков повышенной алмазоносности (на северо-запа-

де и юго-востоке трубки), разделенных зоной с пониженным содержанием алмазов. Выделенные участки разной алмазоносности в общих чертах согласуются с границами распространения кимберлитовых брекчий первого и второго этапов формирования. По границе между этими участками прослеживаются кимберлитовые брекчии, обогащенные ксенолитами и имеющие пониженную алмазоносность. Кимберлитовые брекчии вблизи контактов трубки по всему ее периметру также обогащены ксенолитами вмещающих пород и обеднены алмазами. Анализируя алмазоносность трубки Мир в плане, можно сделать вывод о большей ее изменчивости вдоль длинных осей месторождения, в направлении смены разновидностей брекчий (этапов внедрения). Особенно четко это проявляется в кимберлитовых телах для удлиненной формы и многоэтапного строения, что, наряду со снижением содержания алмазов в приконтактных брекчиях, должно учитываться при разведке.

Анализ данных разведки ряда изученных месторождений показывает, что закономерная изменчивость содержаний алмазов в пределах кимберлитовых пород одного этапа внедрения по меньшей мере до глубины 200—300 м определенно отсутствует. При появлении на глубине новых разновидностей кимберлитовых пород алмазоносность месторождения может значительно меняться. Вообще в случаях существенного изменения содержания, крупности и морфологии алмазов в блоках месторождений следует ожидать смену разновидностей кимберлитовых пород.

Итак, имеющиеся данные опробования кимберлитов свидетельствуют о сравнительно повышенной алмазоносности более поздних этапов внедрения. Четко об этом можно судить на примере трубок Якутская, Дальняя, Айхал, Маршрутная, Новинка и Заполярная. Морфология кимберлитовых тел разных этапов внедрения изменчива с глубиной. В некоторых трубках площадь сечения наиболее богатых брекчий поздних этапов с глубиной существенно увеличивается. Этот факт заслуживает, на наш взгляд, серьезного внимания. В сложно-построенных кимберлитовых телах, очевидно, следует детальнее оконтуривать разновидности кимберлитовых пород разной алмазоносности. С увеличением глубины рентабельность разработки некоторых тел может повыситься. Следует дополнительно отметить, что по разведочным данным иногда в приповерхностных участках резкого расширения канала трубки, возле пологих контактов, наблюдается снижение содержания алмазов. Как правило, эти участки обогащены ксенолитами

вмещающих пород. Следовательно, алмазонасность трубок с развитым раструбом на глубине ниже воронкообразного расширения может несколько увеличиваться.

С. С. ДОЛГУШИН

ЭКСПЛОЗИВНЫЕ БРЕКЧИИ АНЗАССКОГО МАГНЕТИТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И СВЯЗЬ С НИМИ ОРУДЕНЕНИЯ

Обломочные породы брекчиевидного облика, рассматриваемые некоторыми исследователями как осадочные, тектоинические или вулканические брекчии, туфобрекчии или туфоконгломераты, широко распространены на рудных месторождениях. В последние годы во многих случаях эти породы стали считать взрывными или взрывно-гидротермальными образованиями, формирование которых тесно связано с рудным процессом [24, 62, 73, 74, 86, 113, 159, 193, 233]. Брекчии взрывного характера установлены на колчеданных, полиметаллических, свинцово-цинковых, вольфрам-молибденовых, золоторудных, оловорудных и других месторождениях, за исключением магнетитовых, где они описываются автором впервые на примере Анзасского месторождения Западного Саяна.

Общие особенности строения рудного поля

Анзасское магнетитовое месторождение расположено в полосе почти сплошного развития пород гипабиссального габбро-альбититового комплекса, с которым оно, по мнению большинства исследователей, связано генетически [23, 62, 167]. В строении рудного поля принимают участие брекчии, альбитовые метасоматиты, интрузивные альбит-порфиры, магнетитовые альбитофиры, габбро и в незначительном количестве вулканогенно-осадочные отложения.

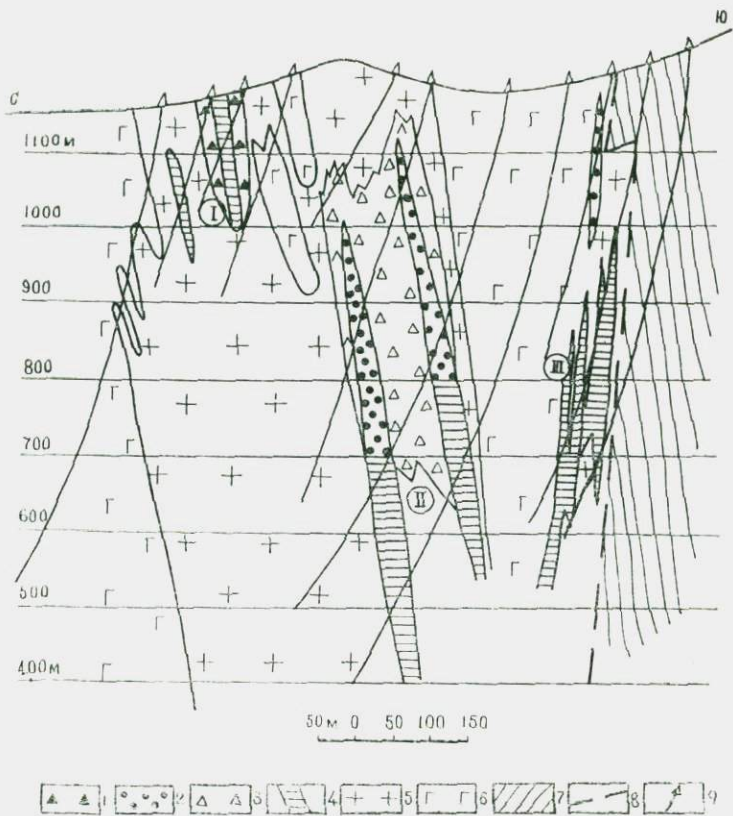
Месторождение представлено тремя зонами (Южной, Центральной и Северной), расположенными в полосе шириной 600—700 м. Наиболее крупной является Центральная зона, включающая ряд сближенных линз, слагающих одно крупное тело протяженностью 1700 м, средней мощностью 50 м, максимальной — 208 м. Глубина зон уменьшается от Южной к Северной; зоны расположены субпараллельно; при широтном простирании они имеют тенденцию к схождению и

склонению в западном направлении. Падение Южной и Центральной зон крутое, Северной так же крутое, но южное, встречное к двум первым, в связи с чем намечается схождение всех зон на глубине, в области западного их погружения, несколько ниже современного уровня разведки (700—800 м, рис. 1). В общем виде Анзасское месторождение представляет собой рудно-магматическую систему пучкового строения, склоняющуюся под углом 30° в западном направлении. По морфологическим особенностям рудных тел и пространственному размещению брекчий и магнетитовых альбитофиров в рудно-магматической системе месторождения можно выделить несколько зон: фронтальную, прифронтальную, срединную и прикорневую. Фронтальной зоне отвечает область развития ореолов гидротермально измененных пород над рудными телами, прифронтальной — область верхней выклинки рудных тел с широким развитием брекчий. Срединной зоне соответствует переходная область между прифронтальной и нижележащей прикорневой; она является как бы ядерной зоной. Прикорневая зона отвечает западной глубинной области погружения рудных тел, где намечается схождение рудных зон. Корневая зона находится ниже уровня разведки и располагается, судя по общим закономерностям строения рудного поля, на значительной глубине в направлении его склонения.

Брекчиевые образования

Пространственное размещение брекчий на Анзасском месторождении характеризуется следующими особенностями: брекчии развиты только вблизи рудных тел, в непосредственной связи с ними; массовое их развитие свойственно только прифронтальной зоне, где они залегают в виде сплошного чехла вокруг верхних выклинок крутопадающих рудных тел; при камерно-гнездообразном залегании для брекчиевых тел характерно слепое выклинивание. Брекчии месторождения весьма разнообразны — от слабобрекчированных пород и руд до образований, напоминающих туфы, с постепенными переходами от одних к другим. По структурно-текстурным особенностям, составу цемента и обломков выделяют следующие их разновидности: трещиноватые породы брекчиевидного облика, нерудные брекчии с гидротермальным цементом (эксплозивно-гидротермальные) и рудные брекчии (эксплозивные и эксплозивно-гидротермальные).

Трещиноватые породы брекчиевидного облика, нередко переходящие в неперемещенные брекчии, развиты пре-



Р и с. 1. Положение брекчий на Алзасском магнетитовом месторождении (геологический разрез по разведочной линии 15):

- 1 — магматогенные рудные брекчийи; 2 — эксиккативно-гидротермальные рудные брекчийи (бобовидные руды); 3 — эксиккативно-гидротермальные нерудные брекчийи; 4 — брекчийевидные руды с массивной и полосчатой текстурой; 5 — породы альбитового состава (альбитит-порфиры, альбитофиры, метасоматические альбититы по габбро и вулканогенно-осадочным породам); 6 — габбро; 7 — вулканогенно-осадочная толща (кремнисто-глинистые сланцы, порфириды, известняки); 8 — тектонические нарушения; 9 — скважины колонкового бурения; рудные тела: I — Северное, II — Центральное, III — Южное

преимущественно во фронтальной зоне над верхними выклинками рудных тел. Обычно это альбитофиры и альбитит-порфиры, разбитые густой неправильной сетью маломощных (0,5—1 см)

ветвящихся жилок амфибола или амфибола с магнетитом и альбититом.

Нерудные брекчии распространены наиболее широко. Развита они в виде ореолов вокруг верхних выклинок рудных тел, являясь для них вмещающими породами. Это туфовидные неравномерно-среднезернистые породы с брекчевой, реже брекчьево-такстевой текстурой, с многочисленными, в разной степени округлыми обломками (размером 1—2 см) преимущественно альбититов, альбитофинов, гидротермалитов, редко габбро, известняков и магнетитовых руд. Обломки погружены в мелкозернистый (часто с грубофлюидальной текстурой) эпидот-биотит-кальцит-актинолит-альбитовый цемент, нередко сильно запыленный магнетитом и пиритом, с участками и многочисленными мелкими гнездами, линзочками или жилками магнетита и пирита. Цемент обычно рыхлый, пористый, что вообще характерно для взрывно-гидротермальных брекчий [74]. Преобладающими минералами цемента являются в одних случаях альбит, в других — актинолит. При появлении в брекчиях обломков известняков увеличивается доля кальцита в цементе, вплоть до резкого преобладания его над другими минералами. С увеличением количества обломочного и тонкораспыленного магнетита нерудные брекчии постепенно переходят в рудные.

Рудные брекчии. Брекчирование в той или иной степени проявляется почти во всех рудных телах. Его интенсивность растет снизу вверх, с переходом от слабобрекчированных руд в нижних частях единичных рудных тел до рудных брекчий в верхних. По составу цемента рудные брекчии, с определенной долей условности, можно разделить на брекчии с гидротермальным (взрывно-гидротермальные) и с магматическим (взрывные) цементом. Между ними наблюдаются взаимопереходы и промежуточные разности. Первые развиты широко, слагая верхние выклинивающиеся части многих рудных тел, вторые имеют подчиненное значение и образуют небольшие гнездообразные тела среди магнетитовых альбитофинов.

Рудные брекчии с гидротермальным цементом (взрывно-гидротермальные) пространственно тесно сопряжены с вышеописанными нерудными брекчиями, слагая осевые части тел последних, и являются их рудной разновидностью. Контакты рудных и нерудных брекчий нерезкие и обычно настолько постепенные, что контур промышленного оруденения устанавливается только путем опробования. Наиболее ярким представителем рудных брекчий являются так

называемые бобовидные руды, слагающие самые верхние выклинивающиеся части Главного рудного тела в области его западного погружения. Характерная особенность этих брекчий — весьма своеобразная текстура, обусловленная комковатости, округлой, реже почти шаровидной формы рудными обособлениями, заключенными в нерудный мелкозернистый цемент. Их размеры колеблются от 1—2 мм до 2—5 см в диаметре. По укоренившейся практике эти руды называются бобовидными, а рудные округлые образования — бобовинами. В дальнейшем мы также будем придерживаться этих терминов, не придавая им какого-либо генетического смысла. Количество бобовин в рудах изменчиво, но обычно они составляют около 50—60% объема руды. При большем их содержании появляются участки почти сплошного магнетита. Бобовины сложены преимущественно магнетитом, реже магнетитом с примесью альбита, количество которого составляет 10—30%, редко больше. Характерно, что с уменьшением размера бобовин в них увеличивается содержание железа, а мелкие бобовины размером до 0,5 см почти целиком состоят из магнетита. Для альбита и магнетита типичны структуры страстания или тонких взаимных прорастаний при отсутствии явлений коррозии, что свидетельствует об одновременности их образования. Контакты бобовин с цементом как резкие, так и постепенные (бобовины с периферии как бы растворяются в цементирующей массе, обогащенной магнетитом).

Цемент мелкообломочный, состоит из округлых обломков местных пород, тонкой вкрапленности, гнезд и бобовинок магнетита, сульфидов и большого количества гидротермальных минералов — актинолита, альбита, биотита, флогопита, кальцита, энидота, редко кварца. Для цемента характерна грубофлюидальная, местами струйчатая текстура с обтеканием мелкозернистой массой более крупных обломков (рис. 2). Взаимоотношения минеральных частей, составляющих эти руды, свидетельствуют о многоэтапности формирования брекчий и многостадийности отложения рудного вещества [23].

Рудные брекчий с магматическим цементом (эксплозивные) развиты в тесной пространственной связи с магнетитовыми альбитофирами, являясь по существу их структурной разновидностью. Магнетитовые альбитофиры известны в пределах всего месторождения, но наиболее широко — в его западной части, слагая среди альбититов и альбитит-порфиров многочисленные дайки и мелкие штоки нередко брекчиевидного облика. Магнетитовые альбитофиры представляют

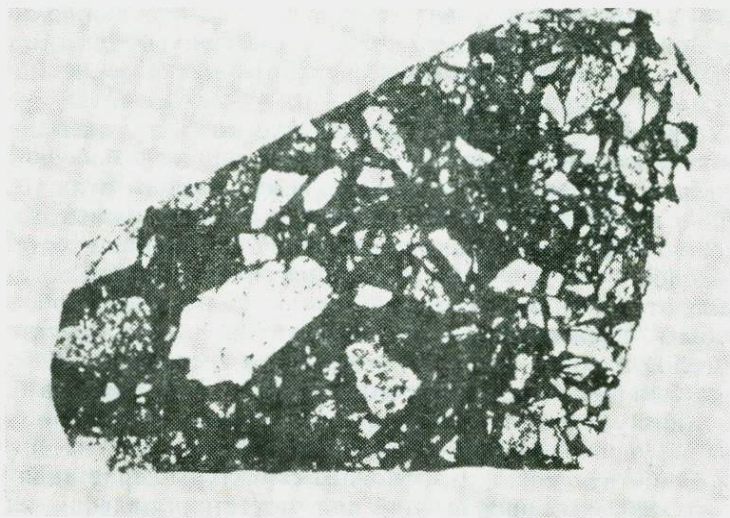


Рис. 2. Цемент рудной брекчии с флюидальной текстурой: светлое — альбит, темное — магнетит (натур. вел.)

собой мелкозернистые порфировидные породы с альбитом во вкрапленниках и альбитовой основной массой. Последняя характеризуется резко выраженной трахитовой структурой за счет однообразной ориентировки многочисленных микролитов альбита. Основная масса запылена магнетитом, количество которого составляет 20—30% (иногда до 40%), в связи с чем она имеет темно-серый или даже черный цвет.

Описываемые брекчии залегают в виде даек, имеют активные контакты с вмещающими породами и сопровождаются приконтактной закалкой, следовательно, они являются и интрузивными образованиями. Нами эти породы рассматриваются как продукты кристаллизации «рудной» магмы, т. е. как специфические дифференциаты магматического расплава, обогащенного железом [62]. Вблизи рудных тел магнетитовые альбитофиры существенно меняют свой облик, постепенно переходя (из-за быстро увеличивающегося в них количества обломков местных пород) в магматические брекчии, а при повышении содержания магнетита — в рудные брекчии магматического облика. Однако переход магнетитовых альбитофиров

в рудные брекчии связан не только с увеличением количества обломков пород и повышенном содержании магнетита, но и сопровождается целым рядом других изменений, обуславливающих своеобразие их состава и структурно-текстурных особенностей.

Рудные брекчии — это породы брекчиевидной, а чаще брекчиево-такситовой текстуры, с высоким (до 50%) содержанием магнетита, с цементом, представленным магнетитовым альбитофиром. По составу обломочной (или обломковидной) части они разделяются на три группы. К первой группе относятся брекчии с угловатыми обломками главным образом альбит-порфиров, имеющих резкие границы, ко второй — с обломками и обломковидными образованиями округлой формы магнетитовых альбитофиров, к третьей — с рудными образованиями обломковидной формы.

Рудные брекчии с угловатыми обломками являются по существу магнетитовым альбитофиром с мелкими ксенолитами вмещающих пород.

Во второй группе брекчий обломковидная и обломочная части представлены главным образом магнетитовым альбитофиром округлой, каплевидной или линзовидно-овальной формы как с резкими, так и с расплывчатыми границами. Они резко отличаются между собой содержанием магнетита, зернистостью, величиной и количеством микролитов, трахитоидностью, порфирированностью. Эти обломки в подавляющем большинстве не могут быть прямо параллелизованы с вмещающими брекчии магнетитовыми альбитофирами, отличающимися определенным содержанием магнетита и структурно-текстурным обликом. Разнообразие структур в этих обломках, зависящее от степени раскристаллизации и трахитоидности, а также их форма указывают на то, что обломки испытали пластические деформации. Вероятно, они являются не обломками вмещающих пород, а образовались в результате многократного взламывания частично закристаллизованной магмы в процессе эксплозии.

В третьей группе брекчий обломковидная часть, наряду с магнетитовыми альбитофирами, представлена рудными образованиями округлой, часто каплевидной или линзовидно-овальной формы, имеющими как резкие, так и постепенные границы. Размеры последних от долей миллиметра до 1—2 см. Представлены они или сплошным агрегатом мелкозернистого магнетита, или, что гораздо чаще, образованиями типа магнетитовых альбитофиров с резко выраженной сидеронитоподобной структурой, когда в массе мелкозернистого маг-

нетита «плавают» многочисленные микролиты. От типичных магнетитовых альбитофиров они отличаются высоким содержанием магнетита. В образованиях вытянутой формы микролиты альбита всегда ориентированы вдоль удлинения, в овальных или круглых — по периметру, свидетельствуя тем самым о жидкостном состоянии этих образований в момент формирования. Об этом же свидетельствуют нередко встречающиеся удлиненные, извилистые формы обособлений, полностью вписывающиеся в сложный рисунок флюидальной текстуры цемента. Природа рудных обособлений та же, что и вышеописанных обломковидных образований магнетитовых альбитофиров, составляющих с ними единый ряд пород, отличающихся только содержанием магнетита. Цемент этих брекчий представлен магнетитовым альбитофиром с неравномерным содержанием магнетита и нередко настолько переполнен мелкими обломочками альбититов, что приобретает вид мелкодробленой массы. В цементе появляются сильно обогащенные магнетитом участки, с разной резкостью границ, которые представляют собой зародыши обломковидных рудных обособлений.

Заканчивая описание брекчий, можно подытожить основные данные по закономерностям их пространственного размещения, составу и строению.

1. Особенности пространственного размещения. В рудно-магматической системе пучкового строения брекчий занимают вполне определенное положение, приурочиваясь к ее расширяющейся прифронтальной части. В связи с этим в восточной половине месторождения, где прифронтальная зона вскрыта эрозийным срезом, брекчий развиты на поверхности, а в западной части, где прифронтальная зона погружается ниже уровня современной поверхности, они имеют «слепое» залегание.

2. Форма залегания. При общем широком развитии брекчий в рудных зонах они имеют тенденцию к гнездообразному залеганию с тупыми выклиниваниями по восставанию.

3. Соотношение с рудами. В рудных телах интенсивность брекчирования нарастает снизу вверх, достигая максимального развития в их выклинивающихся частях, сложенных специфическими брекчиями — бобовидными рудами. Последние имеют постепенные переходы к нерудным брекчиям, залегающим в виде ореолов вокруг верхних выклинок рудных тел.

4. Соотношение с интрузивными образованиями. Наблюдаются постепенные переходы от интрузивных магнетитовых

альбитофиров (по мере увеличения в них обломочной части) к магматогенным и далее к рудным брекчиям.

5. Структурно-текстурные особенности брекчий и их состав. Характерно широкое развитие флюидалных текстур в цементе, наличие в рудных брекчиях округлых, каплевидных или резко удлинённых образований, ориентированных по флюидалности. Для бобовидных руд верхних выклинок рудных тел характерен магнетитовый состав бобовин, отличающийся от состава известных на месторождении руд. Отмечается тенденция к усложнению минерального состава цемента брекчий снизу вверх в рудных телах с усилением в том же направлении роли гидротермального минералообразования.

Генезис брекчий

Представления о тектонической природе брекчий не объясняют большую часть наблюдаемых фактов: «слепое» залегание брекчий с тупым выклиниванием по восставанию, усиление интенсивности брекчирования по рудному телу снизу вверх вплоть до формирования бобовидных руд на верхних выклинках рудных тел, переход магматогенных брекчий в рудные, существенно магнетитовый состав бобовин, не тождественных известным типам руд, широкие развитие флюидалных текстур и др. Анализ фактического материала по морфологическим особенностям брекчий, их составу, строению, текстурно-структурным особенностям и пространственному размещению приводит к выводу об их взрывно-гидротермальной природе. С точки зрения взрывно-гидротермального генезиса удовлетворительно объясняются все наблюдаемые особенности этих брекчий. Вывод об взрывном происхождении брекчий непосредственно связан с представлениями о тесной генетической связи железоруднения с магматизмом и дифференциацией силикатной магмы, ведущей к появлению «рудной» магмы или расплава, близкого к ней по свойствам, с последующим обособлением его и внедрением в взрывной форме.

Вопрос о роли магматических процессов в формировании определенной группы рудных месторождений, в том числе и магнетитовых, имеет длительную историю и в разное время решался по-разному. В настоящее время среди подавляющего большинства геологов, по крайней мере в нашей стране, существует отрицательное отношение к идеям прямой генетической связи с магматизмом магнетитовых руд определенной группы месторождений. Однако в недалеком прошлом, в той или иной форме представления о магматическом генезисе целого ряда рудных месторождений, в том числе и магнетитовых, достаточ-

но широко были распространены и активно поддерживались крупнейшими петрографами — Ф. Ю. Левинсоном-Лессингом [116], А. Н. Заварицким [66] и др. Анализируя современное состояние представлений о магматическом генезисе ряда рудных месторождений, в том числе и магнетитовых, Ч. Парк и Р. А. Мак-Дормин [159, с. 21] отмечают, что «... после забвения, продолжающегося десятилетия, эту идею вновь привлекли для объяснения способа образования отдельных типов рудных месторождений...». Таким образом, не исключено, что представление о рудных магмах еще будет утверждено в науке о рудных месторождениях, ибо нет ни теоретического, ни практического смысла отвергать возможность существования рудных фаций магм. Далее эти же авторы (с. 31) отмечают, что «... прекрасным подтверждением гипотезы о наличии рудных магм является недавно обнаруженная четвертичная залежь Эль-Лако в Чили, представленная близповерхностным интрузивом и лавовым потоком, сложенным почти нацело магнетитом и гематитом с небольшим количеством апатита». В последнее время многие геологи для объяснения ряда особенностей рудных месторождений вновь вернулись к идее рудных магм, но уже в иной трактовке. Знакомство с литературой по этому вопросу показывает, что первоначальные представления о рудных магмах все более трансформируются в представления о плотных концентрированных высокополимеризованных растворах-расплавах, являющихся дифференциатами силикатных магм [136, 102].

Существует несколько точек зрения относительно механизма концентрации железа при дифференциации магмы. Для случая Анзасского месторождения наиболее приемлемыми являются представления о концентрации рудного вещества на магматическом этапе развития системы еще в жидкой фазе [116], подтверждением чему служит широкое развитие интрузивных даек магнетитовых альбитофинов как представителей «рудной» магмы. Однако дальнейшее развитие процесса рудообразования на этом месторождении шло более сложным путем, чем простая инъекция рудного расплава, скорее всего в эксплозивной и далее в эксплозивно-гидротермальной форме. Условия, при которых широко развиваются процессы эксплозивного и гидротермально-эксплозивного брекчирования, сопровождающего рудообразование в ходе становления определенных рудно-магматических систем, и причины, вызывающие скрытые эксплозии, подробно рассмотрены в ряде специальных работ П. Ф. Иванкина [73—77]. В качестве дополнитель-

ных причин скрытых эксплозий некоторые исследователи привлекают представления о спонтанной полимеризации растворов-расплавов, сопровождающейся взрывным отделением летучих компонентов магмы [136].

Типичными эксплозивными брекчиями на Анзасском месторождении являются рудные брекчии с магматическим цементом, имеющие постепенные переходы к интрузивным магнетитовым альбитофирам. Магматическая природа этих брекчий совершенно очевидна и определяется их тесной пространственно-временной связью с интрузивными магнетитовыми альбитофирами и наличием магматического цемента. В рудно-магматической колонне среди других брекчий они занимают наиболее низкое положение, отмечаясь лишь в Северной рудной зоне, представляющей на современном эрозийном срезе по существу прикорневую часть колонны. Как рудные, так и нерудные брекчии второго типа с мелкообломочно-гидротермальным цементом являются эксплозивно-гидротермальными образованиями, поскольку при их формировании существенную роль играли гидротермальные процессы. В рудно-магматической колонне они залегают выше эксплозивных, отвечая в основном прифронтальной зоне.

Эксплозивной или эксплозивно-гидротермальной гипотезой образования брекчий объясняются все их главные особенности. Во-первых, находит свое закономерное объяснение положение брекчий в прифронтальных частях рудно-магматической системы, гнездообразное залегание и тупое их выклинивание вверх как результат локально развивающегося взрывного эффекта. Во-вторых, становится понятным усиление роли гидротермального минералообразования в прифронтальных частях рудно-магматической колонны в тесной связи с процессами брекчирования. В-третьих, весьма специфическая бобовидная текстура руд может быть объяснена ликвационными явлениями с обособлением капельно-жидкостной фазы магнетитового (альбит-магнетитового) расплава-раствора, давшего при раскристаллизации рудные шарики-бобовины, подобные тем, которые известны в магматических хромитовых рудах [183], а также на Шахтаминском и других полиметаллических месторождениях Забайкалья. В-четвертых, объясняется грубофлюидальная текстура брекчий как обусловленная участием жидкостной фазы (расплава в одних и раствора в других случаях), способствующей флюидизации массы брекчий и их механическому перемещению. Кроме того, с этих позиций находит закономерное объяснение тесная пространственно-

временная связь рудных образований, брекчий и интрузивных пород (в первую очередь, магнетитовых альбитофиров) как продуктов единого сложноразвивающегося рудно-магматического процесса.

Т. И. НЕМЕНЕНОК

БРЕКЧИИ И БРЕКЧИЕВИДНЫЕ ПОРОДЫ НИКЕЛЕНОСНЫХ ТРАППОВЫХ ИНТРУЗИЙ

(Норильский район)

В последнее время в литературе все больше уделяется внимания брекчиям и брекчиевидным породам, распространенным вокруг рудоносных гипабиссальных интрузий разных типов. Повышенный интерес к ним вызывается в первую очередь тесной пространственной и генетической связью брекчиевых пород и руд. Среди медно-никелевых месторождений наиболее широко известны брекчии пояса Фруд на месторождении Садбери [34, 69, 82, 132, 182]. Массив Садбери окаймляется разнообразными брекчиями, происхождение которых служило предметом многих споров и дискуссий. Брекчии Фруд встречаются в виде крупных локальных линз, разделенных слабдеформируемыми породами, при этом они появляются не только в породах основания массива, но и в вышележащих породах. Брекчии состоят из обломков преимущественно местных пород, сцементированных механической массой, переходящей в девитрифицированное стекло, которое рассматривается некоторыми канадскими геологами как продукт локального выплавления. Дж. Митчел и А. Матч [132] на месторождении Харди выделяют четыре типа брекчий: ранние гранитные, реоморфические, поздние гранитные и инъекционные. Наличие большого количества брекчиевых пород и руд приводится как основное доказательство метеоритной гипотезы образования месторождения Садбери. По мнению В. М. Смирнова [182], происхождение специфических брекчий массива Садбери может быть объяснено взрывным, тектоническим или другими процессами без применения метеоритных гипотез. Известны брекчиевые тела в пределах Бушвельдского дополита и Великой дайки Южной Родезии, где они ассоциируют с медно-никелевыми и платиноносными трубками. В. Эммонс (1939) объясняет образование таких

структур газовыми прорывами. На медно-никелевых месторождениях Кольского полуострова наиболее типичны брекчиевые и брекчиевидные руды, в которых роль обломков в равной мере играют филлиты или серпентиниты, а роль цемента — сульфиды. По Н. А. Елисееву [64] и Г. И. Горбунову [52], подобные руды представляют собой оруденелую тектоническую брекчию. Кроме того, брекчиевые породы ассоциируют здесь с дайками и крутосекущими апофизами диабазов, габбро-порфиритов и пироксенитов, которые располагаются в краевых и апикальных частях никеленосных массивов. Таким образом, даже беглый обзор типовых медно-никелевых месторождений убеждает нас в том, что проблема брекчий является актуальной для многих медно-никелевых месторождений.

Среди брекчиевых пород, сопровождающих никеленосные интрузии Норильского района, отчетливо выделяются: эксплозивные брекчи фронтальных зон рудоносных интрузий, туфовидные брекчи краевых и апикальных зон рудоносных интрузий, эруптивные брекчи и дайки эруптивных брекчий. Основное различие между эруптивными и эксплозивными брекчиями заключается в составе цемента: для эруптивных брекчий — это интрузивный материал, для эксплозивных — метасоматические породы и руды.

В тектоническом отношении район норильских месторождений приурочен к бортовым частям мульд, располагаясь в участках центриклинальных их замыканий на пересечении глубинными магмоподводящими разломами. К главным структурным элементам относятся Норильская, Хараелахская и Вологодчанская мульды Норильско-Хараелахского прогиба, сочленяющегося с Хантайско-Рыбинским валом. К разломам глубокого заложения относятся Северо-Хараелахский, Пясинский, Норильско-Хараелахский, Имангинско-Кыстыктахский. Наряду с субмеридиональными разломами в качестве магмоактивных глубинных разломов рассматриваются также скрытые разломы северо-восточного простирания, фиксируемые по изменению фаций и мощностей средне-верхнепалеозойских и нижнемезозойских образований.

Интрузивные породы представлены недифференцированными и дифференцированными траппами. Среди недифференцированных разновидностей устанавливаются тела трахидолеритов, оливиновых и оливинсодержащих долеритов, порфировидных долеритов, шкритовых, троктолитовых долеритов и микродолеритов. Наибольший интерес представляют дифференцированные интрузии норильского типа, с которы-

ми связаны сульфидные медно-никелевые руды. Рудоносные хонолиты состоят (сверху вниз) из эруптивных брекчий с гибридным цементом, габбро-диоритов, габбро, безоливиновых и оливиновых габбро-долеритов, пикритовых, троктолитовых, такситовых и контактовых габбро-диоритов. Они образуют характерные рудные узлы (Норильский, Талнахский, Имангдинский), составными частями которых являются рудоносные интрузивы, имеющие лентовидную форму и расходящиеся веером вверх по восстанию структур под определенными углами из одного центра.

Эксплозивные брекчии фронтальных зон рудоносных интрузий. Норильские рудоносные интрузивы (хонолиты) состоят из нескольких веерообразно расходящихся лентовидных силлов (ветви второго порядка), которые, вероятно, сливаются в центральных частях мульд [78]. Вопросы вертикальной зональности и псевдостратификация интрузивов, при которой по направлению к подошве происходит постепенное обогащение оливином и основным плагиоклазом, постоянно находятся в центре внимания норильских исследователей и изучены достаточно хорошо [109, 50]. Однако не менее важной задачей является выяснение продольной зональности массивов. Эта проблема для Норильского района разработана пока недостаточно и связана с тем, что с открытием Талнахского и особенно Октябрьского медно-никелевых месторождений, где эрозия не затронула фронтальную зону никеленосного интрузива, установлено закономерное изменение формы, внутреннего строения, химизма пород и рудоносности не только по разрезу, но и по площадям [191]. На продольную зональность норильских лентовидных силлов указывал П. Ф. Иванкин [78]. Нами горизонтальная зональность изучалась в связи с наличием во фронтальной зоне брекчиевых пород, относимых к эксплозивным образованиям [140].

Наиболее широко брекчиевые породы распространены в пределах Северо-Западной и Хараелахской ветвей Октябрьского месторождения, т. е. во фронтальной зоне никеленосного интрузива (рис. 1). Эксплозивные брекчиевые породы образуют здесь сложностроенный горизонт прихотливой, непостоянной морфологии с резко колеблющимися мощностями. Контур распространения брекчий Северо-Западной ветви Талнахского месторождения в плане почти полностью совпадает с ее конфигурацией. Большая часть брекчиевых пород здесь развита в кровле интрузива, а в бортах последнего

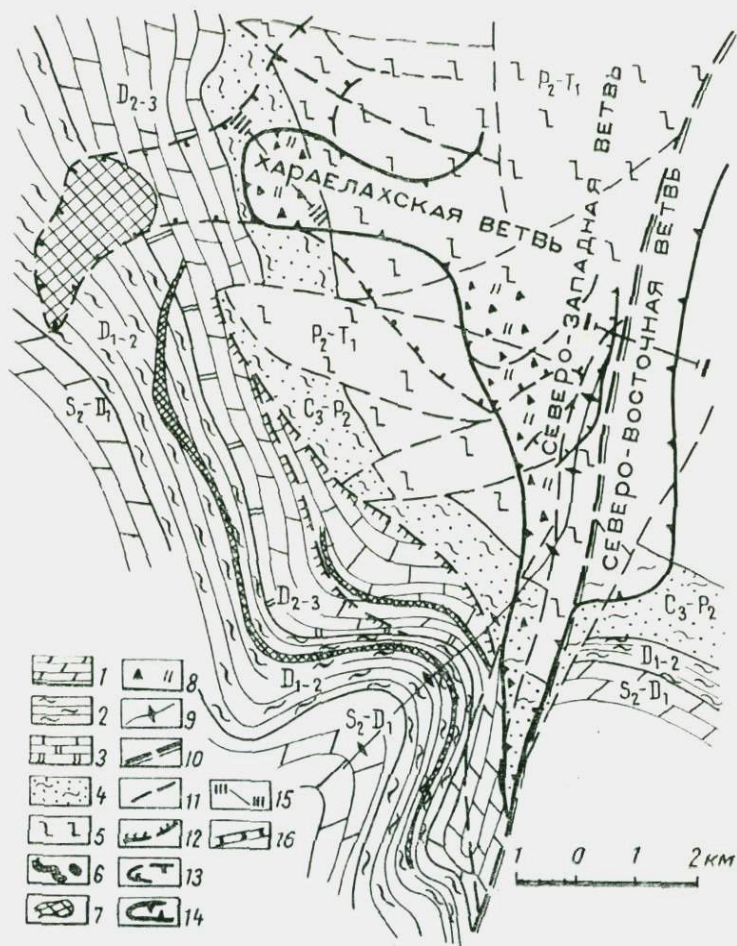


Рис. 1. Геологоструктурная схема Талинахского рудного узла (по В. А. Люлько):

1 — мергели с ангидритами; 2 — аргиллиты и алевролиты; 3 — известняки и доломиты; 4 — песчаники, алевролиты и аргиллиты; 5 — базальты; 6 — рудоносные интрузии и их алофизы; 7 — Нижнеталинахская интрузия; 8 — эффузивные брекчии фронтальной зоны этой интрузии; 9 — ось приразломной антиклинали; 10 — главный шов Норильско-Хараделахского разлома; 11 — разрывные нарушения, ограничивающие просадочные структуры; 12 — субгоризонтальные тектонические разрывы; контуры ветвей интрузии на глубине; 13 — Нижнеталинахской, 14 — Верхнеталинахской; 15 — линии разрезов; 16 — залежи сульфидных медно-никелевых руд

маломощные тела эксплозивных брекчий ассоциируют с его инъекциями — апофизами. По мере удаления от основного интрузива брекчирование обычно не выходит за пределы ореола метасоматически измененных пород более чем на 200—400 м. Наложение на эксплозивные брекчии новообразований послемагматической стадии, в основном магнетитовых скарпов [201], способствовало еще большему усложнению ее морфологии.

Анализ мощностей эксплозивных брекчий на Северо-Западной и Хараелахской ветвях Талпахского рудного узла показывает, что брекчированные зоны не имеют строго выдержанной морфологии, а развиты в виде своеобразных пятен. Мощность эксплозивных брекчий на протяжении 100—200 м меняется от 120—150 до 20—40 м, иногда они, быстро выклиниваясь, полностью исчезают. Из этого следует, что эксплозивное брекчисобразование происходило не по всей массе магматической колонны, а только в местах интенсивных межслоевых нарушений, какими являются просадочные блоки базальтов, благоприятные для скопления газовых эманаций. Оно сопровождалось мгновенным вскипанием магмы в многочисленных центрах и возникновением большого количества взаимно перекрывающихся закрытых камер взрыва.



Рис. 2. Эксплозивные брекчии фронтальной зоны Хараелахской ветви Талпахского месторождения (в обломках — витродолериты, цемент — рудный+кальцифиры; рудник Комсомольский, штуп, уменьш. в 2 раза)

Эксплозивные брекчии Хараелахской ветви интрузива отличаются повышенным содержанием сульфидов, нередко полностью рудным цементом, когда обломки витродолеритов как бы плавают в сульфидной массе (рис. 2). Интрузивное

тело здесь расщепляется на множество маломощных силлов и неправильных линзообразных тел. Как и по Северо-Западной ветви, брекчиевые породы развиваются преимущественно в кровле интрузии, но зачастую наблюдаются и на выклинивании мелких апофиз, представленных витродолеритами, что связано, вероятно, с быстрым застыванием магмы в апофизах. В плане контуры эксплозивных брекчий повторяют конфигурацию интрузивного тела, распространяясь за его пределы не более чем на 400—500 м. Границы эксплозивного брекчирования располагаются несколько шире ореола гидротермально-метасоматических изменений. Такие брекчии мощностью 20—30 м, состоящие из обломков вмещающих неизмененных пород, наблюдаются в краевой части экзоконтактового ореола Хараслахской ветви.

Брекчиевые породы имеют разнообразный состав и строение. В основном это в различной степени гидротермально измененные брекчии и автобрекчии, состоящие из обломков вмещающих осадочных и интрузивных пород, сцементированных тонкоизмельченным материалом того же состава и продуктами постмагматических изменений. В обломках преобладают тонкозернистые стекловатые породы долеритового облика, перемежающиеся с обломками более крупнозернистых разновидностей долеритов, роговиков, глинистых сланцев, ангидритовых пород, мергелей и доломитов. Отличительной особенностью метасоматически измененных и рудных брекчий является сравнительно однородный состав интрузивных обломков, представленных в основном витродолеритами, в разной степени переработанными гидротермально-метасоматическими процессами. По своим петрохимическим параметрам витродолериты, как и стекла из туфовидных брекчий Северо-Восточной ветви, соответствуют среднему составу пород Талнахской интрузии.

По морфологическим особенностям и характеру обломочного материала брекчиевые породы Талнахского рудного узла относятся к брекчиям с незначительным перемещением обломочного материала. На флангах месторождения иногда удается проследить переход от ненарушенных ангидрит-мергелистых вмещающих пород девона к эксплозивным брекчиям. Породы вблизи контакта на расстоянии 1—2 м интенсивно смяты в складки, а затем сменяются типичными брекчиями (рудник Комсомольский). Неизмененные брекчии (скв. Т-57, рудник Комсомольский) состоят в основном из угловатых и неправильных обломков вмещающих пород, сцементированных глинисто-карбонатным и ангидритовым материалом.

Обломочный материал представлен темно-серыми, серыми, зеленовато-серыми мергелями, доломитами и аргиллитами размером от нескольких миллиметров до 5—6 см; преобладают обломки 0,5—2 см. Иногда в участках, претерпевших незначительное постмагматическое преобразование, отмечаются обломки стекловатых пород, близких к афировым и порфиоровым базальтам. Структура пород в таких участках витрофировая, варнолитовая, гналопелитовая и пилотакситовая. Наличие стекловатых разностей в брекчиевом горизонте дало основание В. В. Золотухину и В. В. Рябову [177] объяснить их генезис высокотемпературным вторичным плавлением (замещением) габбро-долеритов рудоносного интрузива.

Основными структурами, контролирующими размещение брекчиевых пород, являются фронтальные расщепления части интрузива, где основной массив разветвляется на многочисленные языки. При этом нарушается обычная смена дифференциатов и горизонтов оруденения. Характерными структурными элементами фронтальных зон рудоносных интрузий являются клиновидные просядочные блоки вмещающих пород [110], происхождение которых связывается большинством исследователей с активным механическим воздействием рудно-интрузивного процесса на вмещающие породы, в результате чего в верхней части разреза возникают гравитационные деформации, проявляющиеся в опускании тектонических блоков базальтов (образование кальдероподобных депрессий) в пластические осадочные породы (рис. 2). Существенным структурным элементом фронтальных зон являются также инъективные дислокации, впервые выделенные в пределах Талнахского рудного узла В. С. Нестеровским [141] и А. В. Тарасовым [192]. Под инъективными дислокациями понимается нарушение залегания горных пород и образование новых тектонических форм под действием инъективных тел, сложенных веществом, перемещенным из одного участка в другой. По составу выделены долеритовые, соляные, ангидритовые, аргиллитовые и песчаные инъективные тела. Для нашего случая интерес представляют инъективные тела долеритов, которые преимущественно приурочены к участкам развития взрывчатых брекчий,

Весьма своеобразное выклинивание интрузива, позволяющее яснее представить генезис брекчиевых пород, можно наблюдать в выработках рудника Комсомольский, пройденных во фронтальной зоне Северо-Западной ветви Талнахского интрузива. Здесь четко видно, что брекчии пересекаются мно-

гочисленными маломощными силами микродолеритов и оливиновых долеритов, имеющих с брекчией активные контакты. Кроме того, наблюдаются небольшие силы тонкозернистых долеритов, не обнаруживающих видимой связи с основным интрузивным телом. На выклинивании силы переходят в линзо- и шарообразные тела, по облику напоминающие шаровые лавы. Округлые шары, сложенные тонкозернистыми витродолеритами, достигают размеров 1 м. Образование таких шаров и линз связано, по нашему мнению, с явлениями взрыва, при мгновенном остывании расплава в результате переохлаждения.

Брекчиевые породы подвержены интенсивным метасоматическим изменениям, при этом как обломки роговиков и витродолеритов, так и цемент замещаются магнезиальными и известковыми скарнами, скарноидами, ангидритовыми породами с пиритом, пирротином и халькопиритом. Зачастую брекчии настолько переработаны метасоматическими процессами, что определить их первичный состав не всегда представляется возможным. Границу между обломками брекчии и цементом в таких случаях определить довольно трудно. Сульфиды (халькопирит, пирротин, пентландит) в виде каемок заполняют (нередко полностью) промежутки между обломками, залечивая при этом и трещины. На Октябрьском месторождении сульфиды на отдельных участках рудных тел составляют 60—70%, образуя брекчиевидные руды.

Цементом брекчий служат метасоматически измененные, перетертые вмещающие породы, обогащенные тонкораспыленной сульфидной массой. Как правило, это серпентиновые, ангидрит-серпентиновые и существенно серпентиновые метасоматиты, апофорстеритовые и фассантовые кальцифилы. За счет метасоматической переработки порода приобретает своеобразный пятнистый облик, обусловленный гнездовидным, пятнистым развитием по цементу и обломкам гранатовых и эпидот-везувиян-гранатовых скарнов и скарнированных роговиков. Все типы метасоматических образований пересекаются кальцитовыми прожилками с пирротином и халькопиритом. Значительное количество сульфидов приурочено в основном к цементу и выделяется в виде тонкой пропитки, прожилков и своеобразных каемок вокруг обломков.

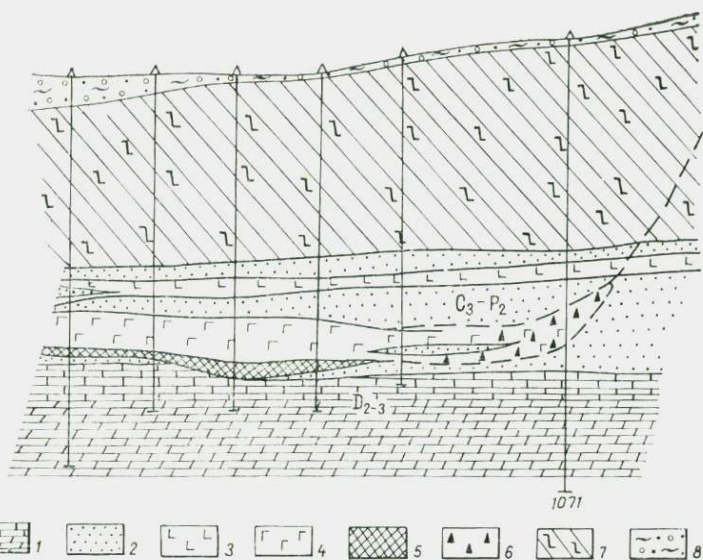
В пределах Октябрьского месторождения в последнее время выделен своеобразный промышленный тип брекчиевых руд, которые состояются по времени образования со сплошными рудами. Ведущим фактором, определяющим морфологию рудных тел, является извилистая форма фронталь-

ной зоны интрузива. Брекчиевые руды располагаются обычно в экзоконтакте массива габбро-долеритов, образуя извилистые оруденелые зоны и окаймляя апофизы интрузива. Обломки в рудах представлены пироксеновыми роговиками, витродолеритами, скарнондами в виде округлых и овальных форм. Текстурные особенности руд и соотношение рудных и нерудных минералов свидетельствуют о том, что отложение сульфидов происходило путем наложения оруденения на высокотемпературные метаморфические и метасоматические породы.

Наиболее крупное тело брекчиевидных руд встречено во фронтальной западной части Октябрьского месторождения, где интрузив в пестрых породах девона расщепляется на послойные инъекции. Здесь наиболее отчетливо проявлены межслоевые подвижки интрузивных залежей, их срывы и дробление по зонам срыва. Сульфидные руды насыщены ксенолитами пород, представленных пироксеновыми роговиками и кальцифирами, почти нацело серпентинизированными. В цементе выделяются две минеральные разновидности руд — пирротинная и халькопиритовая. Морфология рудных тел и их пространственное положение свидетельствуют о том, что они наложены на измененные брекчиевые породы, что и определило разнообразие текстур этих руд.

Туфовидные брекчии краевых и апикальных зон рудоносных интрузий. Особый интерес для понимания генетической природы брекчиевых пород представляют туфовидные брекчии краевых и апикальных зон рудоносных интрузий, так как они находятся на значительном удалении от зоны активного метасоматического преобразования пород.

Рассмотрим некоторые особенности таких брекчий на примере Северо-Восточной ветви Талнахского месторождения. В крайней восточной части Талнахского рудного узла среди песчаников, аргиллитов и алевролитов тунгусской серии в 150 м ниже подошвы туфолавоваго толщи вскрыт «горизонт» туфобрекчий, который по положению в разрезе как бы заменяет дифференцированную интрузию (рис. 3). Макроскопически туфовидные брекчии представляют собой плотно сцементированную породу и в отличие от туфобрекчий, характерных для палеовулканов разных типов, обладают несколько повышенной плотностью и мелкообломочным строением. Порода состоит из зеленовато- и светло-серых, черных и коричневатобурых обломков со светлой корочкой закала, сцементированных темно-серой стекловатой массой с доволь-



Р и с. 3. Туфовидные брекчи на выклинивании Северо-Восточной ветви Талнахского месторождения:

- 1 — мергели и доломиты девона; 2 — песчаники и аргиллиты тунгусской серии (C_3-P_2); 3 — долериты; 4 — рудоносная интрузия габбро-долеритов; 5 — рудовмещающий горизонт габбро-долеритов; 6 — эксплозивные туфовидные брекчи; 7 — базальты пермо-триаса; 8 — четвертичные отложения

но значительным количеством (5—8%) пирротина. Форма обломков неправильная, угловатая, округлая.

По петрографическому составу среди обломочного материала преобладают крупные обломки стекла черного, зеленого и бурого цвета с редкими иголочками плагноклаза. В меньшей степени распространены обломки стекла с большим количеством тонкоигольчатого плагноклаза, часто альбитизированного, и обломки с интересертальной структурой с крупными вкрапленниками плагноклаза. Плагноклаз нередко (иногда полностью) замещается хлоритом и кальцитом. Стекло часто с мелкими миндалинами, выполненными кальцитом и хлоритом, некоторые обломки близки к витрофировым базальтам. Почти все обломки стекла окаймляются светлой корочкой закала (0,1—0,5 мм) и своеобразной каемкой из пылеватых частиц магнетита и пирротина, с преобладанием последнего. Сами обломки стекла почти не содержат сульфид-

ной вкрапленности. Ксеногенный материал представлен исключительно породами тунгусской серии, в пределах которой и локализованы рассматриваемые брекчии. Это углистые алевролиты, аргиллиты, угли, редко песчаники. Отмечены обломки яшм и микрокварцитов, переотложенных, вероятно, из пород тунгусской серии. Обломки минералов, составляющие до 20% объема, представлены кварцем, плагиноклазом (иногда с тонкими волосовидными двойниками) и калиевым полевым шпатом (иногда с шахматными двойниками).

Цемент имеет буроватый и черный цвет, представлен стекловатой массой того же состава, что и большинство обломков, с примесью зерен кварца; местами стекло слабо раскристаллизовано. Чаще всего это литокластические и литокристаллокластические туфы с примесью кальцита, хлорита и угловатых и рогульчатых зерен кварца. Цемент пропитан рудными минералами (пирротинном и магнетитом), карбонатизирован и хлоритизирован. Вблизи контакта с породами тунгусской серии цемент близок к полимиктовому среднезернистому песчанику с примесью слабо раскристаллизованного стекла с редкими иголочками плагиноклаза. Наличие песчаников в цементе при контактовой зоне свидетельствует, по нашему мнению, о реоморфических явлениях в этой зоне.

Контакт туфобрекчий с вмещающими породами явно активный, рвущий; песчаники, аргиллиты и алевролиты здесь раздроблены, метаморфизованы, пропитаны магнетитом и пирротинном. В нижней части горизонт туфобрекчии разветвляется на отдельные составляющие — апофизы мощностью до 2—3 м, контакты которых с вмещающими породами также активные, с признаками мобилизации песчаного вещества вмещающих пород и пластическими деформациями. На связь туфобрекчий с рудоносным интрузивом указывает их метасоматическое преобразование, выразившееся в альбитизации, карбонатизации, хлоритизации и сульфидной минерализации. Выше- и нижележащие породы тунгусской серии (песчаники, аргиллиты и алевролиты), находящиеся на таком же удалении от рудоносной интрузии, почти не несут следов метасоматической проработки. Отмечаются лишь нитевидные кальцитовые прожилки с пиритовой минерализацией и незначительная хлоритизация, приуроченная к зонам трещиноватости. Пространственное положение туфобрекчий указывает на закрытый характер образования взрывной камеры, связанной с выклиниванием Восточной ветви Талнахского интрузива [140], что подтверждается и петрохимическими данными, приводимыми ниже.

Брекчии, подобные описанным, локализуются во фронтальной зоне интрузива, над его гребнем, в зоне интенсивных нарушений [34, 235]. Л. Бринер [34], ссылаясь на типичные брекчиевые трубки месторождения Садбери, приуроченные к телам интрузивов, связывает их с рудоносностью, так как они располагаются над нескрытыми интрузивными телами. В нашем случае основной причиной взрывных явлений на фронте выклинивания интрузива (в зоне межслоевых нарушений) надо считать, вероятно, дифференциацию и дегазацию магмы, в результате чего ее краевые и головные колонны обогащаются летучими компонентами. Дополнительным источником энергии для возникновения взрыва, по-видимому, служат и экзотермические цепные реакции. Резкая смена термодинамической обстановки обусловлена синхронно протекающим тектоническим формированием структуры месторождения при активном механическом воздействии магмы.

Эруптивные брекчии. Автомагматические и интрузивные брекчии состоят из обломков той же изверженной породы, что и цемент, или же из обломков вмещающих пород, сцементированных магматическим материалом. Максимальное их количество развивается в кровле рудоносных интрузий. Встречены эруптивные брекчии и в виде многочисленных даек и апофиз, которые являются важным поисковым признаком.

В кровле интрузии Норильск-1 эруптивные брекчии образуют прерывистый горизонт в центральной, южной и юго-западной ее частях. Площади их распространения измеряются многими квадратными километрами, но в основном выделяются две зоны — северная и южная. Мощность эруптивной брекчии на коротких расстояниях колеблется от 0 до 18 м (скв. 470) и даже до 59 м (скв. 245). Максимальные мощности наблюдаются на участке раздвоения интрузива на Западную и Восточную ветви.

Обломки в брекчиях представлены песчаниками, сланцами, графитизированным углем, ороговикованными аргиллитами и алевролитами, измененными базальтами и мелкозернистыми долеритами. На отдельных участках обломки состоят только из графита, графитизированных каменных углей, углистых и углисто-глинистых сланцев. Размеры обломков обычно колеблются от первых миллиметров до 10—15 см, хотя встречаются отдельные глыбы до 1 м. Форма обломков самая разнообразная, но, как правило, преобладают обломки с оплавленными гранями, с четкой узкой зоной ороговикования по краям. Внутренняя их часть претерпевает незначи-

тельные термальные изменения. Угловатые обломки с неровными, рваными краями отмечаются только в непосредственной близости от контакта интрузива. Перемещение обломков, как правило, не превышает первых десятков метров.

Цементом брекчий является контаминированный интрузивный материал разнообразного состава и структуры. Это мелкозернистые контактовые габбро-долериты, гибридно-метасоматические породы и лейкократовое габбро. В зоне контакта с эффузивными траппами (скв. 544) встречены крупнообломочные брекчии, в которых обломки резко преобладают над цементом. Размер обломков варьирует от 10 до 25 см. Цемент габбровый, с большим количеством зерен кварца, что свидетельствует об ассимиляции магмой песчаников и сланцев тунгусской серии.

Эруптивные брекчии развиты почти исключительно в тех участках, где интрузив соприкасается с угольными пластами. Условия, при которых в прифронтальной зоне рудоносной интрузии Норильск-I образуются эруптивные брекчии (пересыщение газовой составляющей, мощная базальтовая крышка, создающая плотный экран, и т. д.), являются весьма благоприятными для превращения угольного вещества брекчии в графит, который может иметь промышленное значение.

Эруптивные брекчии, развитые в кровле интрузии Норильск-II, получили распространение в ее крутопадающей части и имеют форму линз мощностью 10–90 м. Обломки здесь состоят из графитизированного угля, песчаников, гравелитов и измененных базальтов. Их размеры варьируют от 1–3 мм до нескольких метров; форма разнообразная, но преобладают оплавленные обломки с округленными неправильными контурами; угловатые обломки встречены только в приконтактных зонах. Лейкократовые габбро часто служат цементом эруптивных брекчий, одновременно слагая довольно крупные обломки. Иногда они образуют постепенные (расплывчатые) переходы к цементу. Гибридно-метасоматические породы, являющиеся основным цементом эруптивных брекчий, возникли в результате ассимиляции материала ксенолитов песчаников и гравелитов магмой основного состава. Эти породы детально описаны в работе Ю. Р. Васильева [36].

В пределах Талнахского месторождения эруптивные брекчии распределены весьма неравномерно. Типичные брекчии встречены в кровле Северо-Восточной и Юго-Западной ветвей, т. е. там, где интрузив локализован в породах тунгусской серии. Наблюдаются они в виде небольших линз в кровле интрузива и в участках его пережимов. На

юге месторождения, у крутого западного борта, где интрузив приходит в соприкосновение с сильноуглистыми аргиллитами и углями тунгусской серии, эруптивные брекчии прослеживаются почти непрерывной полосой. Мощность брекчий здесь достигает 10—20 м.

Обломки в брекчиях представлены скарированными оплавленными сланцами, ороговикованными песчаниками, графитизированными углями и углистыми аргиллитами. Сланцы и песчаники частично переплавлены и перекристаллизованы, превращены в пироксен-полевошпатовые и биотит-пироксеновые роговики и спидозиты. Наиболее интенсивное температурное воздействие претерпела прикровельная зона. Цементом брекчий служит гибридный магматический материал габбро-долеритового состава с кварцем, микропегматитом и амфиболом. Часто цемент состоит из хлорита, пренита, серицита и амфибола, почти целиком заместивших плагиоклаз и пироксен. Постоянными примесями являются реликтовые включения боковых пород, а также минералы: сфен, везувиац, гранаты, эпидот, цоизит, апатит, биотит, кордиерит и графит.

Очень интересные эруптивные брекчии обнажаются в центральной части Норильской мульды вдоль восточного склона горы Пегматитовой, в районе распространения никеленосных интрузий горы Моронго. Линзовидное тело эруптивных брекчий меридионального простирания мощностью 40 м прослеживается у верхнего контакта интрузива долеритов на протяжении 0,5 км. Их положение среди базальтов моронговской свиты, залегающей 1000 м выше угленосных отложений, обломки которых слагают брекчию, свидетельствует о значительных вертикальных перемещениях обломочного материала. Эруптивные брекчии здесь, вскрытые скв. Е-29 (0—41,1 м) и многочисленными канавами, состоят из обломков и глыб графитизированного угля, кварц-полевошпатовых пород, углистых аргиллитов, полосчатых роговиков и долеритов. Размер обломков от долей сантиметра до первых метров. Цементом брекчий являются различные крупнозернистые лейкократовые породы — пегматиты и габбро-диориты, насыщенные кварцем и калишпатом, гибридные породы типа гранодиорита и кварцсодержащие габбро-долериты. Переход от брекчий к безоливиновым долеритам происходит через зону пегматоидных гибридных пород, иногда содержащих кристаллы фиолетового титанистого пироксена.

Дайки эруптивных брекчий. Характерным признаком норильских рудоносных интрузий является наличие

многочисленных ответвлений (апофиз), рассматриваемых в качестве прямых поисковых признаков. Наиболее четкие пластовые и особенно дайкообразные апофизы имеет интрузия Норильск-II. Они были отмечены еще в 1936 г. Б. Н. Рожковым. Поисковое значение им придал Г. Д. Маслов [127], рассматривающий их как «сигнальные дайки» от дифференцированной интрузии. Позднее в результате поисково-съёмочных и разведочных работ апофизы были выявлены по северному борту Черногорской интрузии. В последние годы пласто- и дайкообразные ответвления установлены в пределах Талнахской интрузии. Естественно, что поискам и изучению апофиз должно уделяться большое внимание, так как возможность обнаружить выходы основных рудоносных тел на поверхность практически исчерпана.

Среди фланговых ответвлений в кровле рудоносных интрузий немаловажную роль играют дайки эруптивных брекчий. Эруптивная дайка в среднем течении ручья Рудного является продолжением дайкообразной апофизы интрузии Норильск-II, на контакте ее с базальтами. Дайка имеет субширотное простирание и крутое ($70-85^\circ$) падение к югу и локализуется в базальтах, с которыми образует четкие интрузивные контакты, характеризующиеся зоной закалки мощностью 5—10 см. Мощность дайки 8—10 м, по развалам она прослежена на 1—1,5 км. По своему строению дайки эруптивных брекчий весьма сходны с эруптивными брекчиями кровли интрузива.

Обломки брекчий имеют разнообразную форму, отчетливые контуры, а близ контактов с цементом прослеживается четкая зона ороговкования (1—3 мм), которая по мере удаления от краев обломков быстро затухает. Некоторые обломки брекчированы, слегка оплавлены. Обломочный материал представлен песчаниками, углистыми сланцами, конгломератами, гравелитами и долеритами. Нередко встречаются резко очерченные угловатые ксенолиты лейкократового габбро до 20 см в поперечнике. М. К. Иванов обнаружил в дайке обломок крупнозернистого троктолитового габбро-долерита, ничем не отличающегося от троктолитовых габбро-долеритов из самой интрузии. Цементом являются гибридные породы и безоливиновые и оливиносодержащие тонкозернистые миндалекаменные микродолериты. Миндалиты выполнены хлоритом и пренитом и развиваются струями вдоль контактов дайки. Характерным является наличие крупнозернистых лейкократовых участков (до 0,5—1 м) габброидного облика. Границы их с основной породой нечеткие, постепенные, расплыв-

чатые. Интересной особенностью этой эруптивной дайки является исчезновение обломков по восстанию и по простиранию в обе стороны, где она становится обычной маломощной (1—2 м) микродолеритовой дайкой. По данным Ю. Р. Васильева [36], состав цемента соответствует оливиновому габбро-долериту.

Дайка эруптивных брекчий ручья Ивакина является естественным продолжением юго-восточного фланга интрузии Норильск-II, располагаясь с внутренней ее стороны. Прослеженная протяженность дайки 1 км, мощность от 5—7 до 30 м. Дайка прорывает базальты ивакинской и сыверминской свит, имеет северо-восточное простирание (26—30°) и северо-западное падение под углами 25—65°. Обломки представлены в основном углистыми аргиллитами, графитизированными углями, реже оплавленными песчаниками. Размеры обломков варьируют в очень широких пределах — от долей сантиметра до огромных ксенолитов (отторженцев) осадочных пород с прослоями каменного угля, которые в виде крупных брекчированных глыб, составляющих единый, иногда субгоризонтальный пласт, прослеживаются на расстояние до 100 м при мощности 7—8 м, на основании чего эти блоки принимались за тектонические. Ксенолиты ориентированы вдоль контактов дайки, совпадая с элементами ее залегания. Минимальное расстояние этих крупных отторженцев от кровли пород тунгусской серии, откуда эти блоки были перемещены, составляет 100 м. Такое перемещение крупного материала обусловлено, вероятно, механическим взаимодействием интрузии с вмещающими породами, в результате чего появились крупные трещины, вызвавшие резкую смену термодинамических условий, что приводило к локальным взрывным явлениям.

Взаимодействие магмы с ксенолитами пород тунгусской серии привело к образованию гибридных пород, неоднородных по текстуре и минеральному составу. Вокруг ксенолитов эти породы слагают оторочки с постепенными переходами от светло-серых кварц-полевошпатовых песчаников до темных контаминированных габбро-долеритов. Переходные разности представлены кислыми породами с переменным количеством кварца, калинатрового полевого шпата, основного плагиоклаза и темноцветных минералов, а также кварцевыми габбро-диоритами и габбро. Термальное воздействие магмы на ксенолиты проявилось не только в частичной ассимиляции вещества ксенолитов, но и в возникновении характерных структур и ассоциаций минералов, отвечающих широкоугольной фации контактовых роговиков.

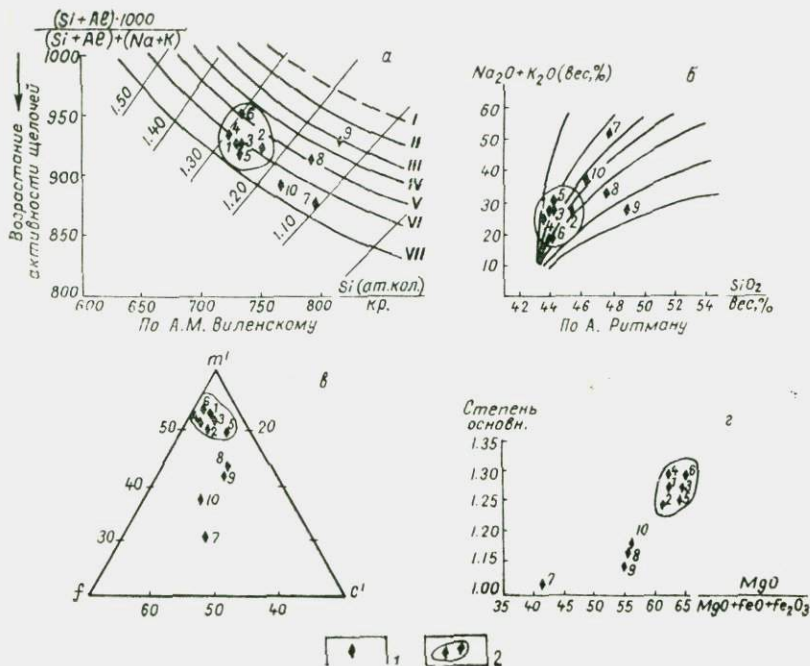
Дайка эруптивных брекчий горы Пик прослежена в юго-западном направлении от верховья руч. Большого Барьерного до склона руч. Каскадного (более 1 км) и также приурочена к контакту апофиз интрузии. По своему строению и составу обломочного материала она аналогична эруптивным брекчиям руч. Рудного.

Дайки эруптивных брекчий небольшой протяженности (первые метры) обнаружены в устье правого притока руч. Рудного в среднем течении руч. Сондра и в других местах интрузии Норильск-II.

Секущие дайки, в том числе и дайки эруптивных брекчий, развиты во всех рудоносных интрузиях. Углы падения даек различные — от 15—30 до 80—90°, мощность обычно не превышает 3—5 м. Зачастую эруптивные брекнии ассоциируют с крутосекущими телами долеритов и габбро-долеритов, а при переходе дайки в эруптивные брекнии мощность последних возрастает в 3—5 раз.

Петрохимическая характеристика брекчиевых образований. С целью установления генетической принадлежности туфовидных брекчиевых пород, встречаемых во фронтальных, краевых и апикальных зонах рудоносных интрузий, анализировались монофракции вулканических стекол и витродолериты. Для сравнения на диаграммы наносились средние составы вулканических стекол из туфов палеовулканов и средневзвешенные составы никеленосных интрузий. Особое внимание уделялось петрохимическим особенностям туфовидных брекчиевых пород апикальных зон рудоносных интрузий, имеющих важное поисковое значение, а по геологическим признакам почти не отличающихся от обычных пирокластических образований. Химические анализы пересчитаны по методикам, предложенным А. Н. Заварицким [68], А. Ритманом [174] и А. М. Виленским [39] (табл.).

Как видно из приведенных диаграмм (рис. 4), средние составы вулканических стекол и витродолеритов из туфовидных брекчиевых пород образуют единое поле, совпадающее по положению фигуративных точек с составом рудоносной Талнахской интрузии и ее отдельных ветвей. При этом особенно важным является резкое петрохимическое различие эксплозивных брекчий, сопровождающих никеленосные интрузии, и продуктов трубок взрыва ранней фазы траппового магматизма. Последние получили максимальное развитие в пределах известных рудно-магматических узлов и не всегда четко отличаются от эксплозивных брекчий, приуроченных к рудоносным интрузиям.



Р и с. 4. Диаграммы составов взрывных брекчий и соответствующих рудоносных интрузий:

1 — номера анализов; 2 — поля брекчиевых пород, сопровождающих никеленосные интрузии

зиям. Отличительной петрохимической особенностью взрывных брекчий никеленосных интрузий является отчетливо выраженная специализация исходных расплавов. Из диаграмм и расчетов видно, что эти брекчии более магнезиального состава и, как никеленосные интрузии, имеют переходный характер от основных к ультраосновным щелочным породам [50]. С одной стороны, они несут все черты химизма трапповых интрузий, с другой — по многим петрохимическим параметрам сходны с производными ультраосновных магм.

По сравнению с другими взрывными образованиями брекчии никеленосных интрузий Норильского района несколько недосыщены кремнеземом и щелочами при некотором повышении отношения калия к натрию и содержат избыток магния при низком содержании титана. Средний состав стекол из туфовидных брекчий соответствует такситовым габбро-долеритам. Учитывая приуроченность этих брекчий к зонам выклини-

Средние и средневзвешенные химические составы взрывчатых и соответствующих им интрузивных образований

№ пп.	Количество анализов	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Σ	H ₂ O	CO ₂	П. п. п.
1	11	43,8	1,01	15,71	3,04	8,17	0,21	8,8	12,54	1,97	0,86	0,24	99,96			3,97
2	8	45,1	1,18	14,01	3,95	7,26	0,19	7,91	14,94	2,0	0,85	0,13	99,72	0,34	0,24	2,2
3	156	43,95	0,95	14,03	4,23	8,38	0,18	10,4	9,5	1,83	1,05	0,17	98,4			3,6
4	48	43,43	1,09	14,16	4,04	9,48	0,18	10,23	9,26	1,53	1,0	0,22	98,02			3,29
5	61	43,96	0,90	13,46	4,02	8,36	0,2	10,07	9,81	1,96	1,12	0,12	97,57			3,52
6	54	44,06	0,71	14,81	4,51	8,77	0,14	10,84	9,85	1,26	0,66	0,24	99,38			3,09
7	8	47,69	2,78	14,43	1,49	11,36	0,15	4,7	7,73	3,36	1,97	0,57	100,14	0,71		3,91
8	5	47,50	1,15	14,67	2,16	8,55	0,14	6,6	9,6	2,66	0,77	0,21	99,14	2,33		4,93
9	3	48,86	1,08	14,56	1,8	9,54	0,28	7,07	10,4	2,26	0,62	0,09	99,95	0,87		3,38
10	3	46,18	1,25	13,33	2,35	6,88	0,15	5,63	10,3	2,23	1,64	0,12	100,46	3,45	3,65	10,4

Числовые характеристики по Н. А. Заварицкому

№ пп.	а	с	в	s	r	m	c'	и	r	l	Q	$\frac{\text{Si+Al}}{\text{(Si+Al)} + (\text{Na} + \text{K})}$	Степень основности	Кремне- кислот- ность	
														$\frac{\text{MgO}}{\text{MgO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}}$	
1	5,9	7,9	34,0	52,2	32,2	45,0	22,9	76,2	1,7	7,8	-15,3	925	1,27	62,11	729
2	5,7	6,5	35,6	52,2	29,5	37,5	33,0	76,2	2,0	9,6	-13,5	924	1,29	61,0	751
3	5,6	6,8	35,2	52,4	34,3	51,4	14,3	72,5	1,9	10,4	-13,2	926	1,27	64,3	732
4	5,0	7,4	35,4	52,2	37,0	50,8	12,2	63,6	1,9	10,0	-13,0	933	1,29	61,8	723
5	6,2	6,2	35,5	52,1	33,5	49,3	17,2	72,7	1,5	9,9	-14,4	918	1,25	63,9	732
6	3,8	8,4	35,6	52,2	35,4	53,0	11,6	74,1	1,2	11,1	-11,6	950	1,29	64,9	734
7	10,5	4,6	26,9	58,0	46,2	30,4	23,4	72,0	4,2	4,7	-9,6	876	1,11	41,2	794
8	7,3	6,8	27,9	58,0	38,0	42,4	19,6	84,3	1,7	6,7	-5,6	914	1,16	55,4	791
9	5,9	7,1	29,2	57,8	38,1	41,7	20,7	85,7	1,7	5,3	-3,0	929	1,14	54,7	814
10	7,9	5,7	27,8	58,6	33,8	37,5	28,7	67,9	1,9	7,5	-4,3	906	1,18	56,0	769

Примечание: 1 — стекло туфовидных брекчий Талнахской интрузии; 2 — витродолериты; средне-взвешенный состав; 3 — Верхнеталнахской интрузии (Додин, 1971); 4 — Северо-Восточной ветви Верхнеталнахской интрузии (Додин, 1971); 5 — Северо-Западной ветви Верхнеталнахской интрузии (Додин, 1971); 6 — интрузии Норильск I (Годлевский, 1959); вулканическое стекло: 7 — трубок взрыва трахибазальтового состава, 8 — Кета-Ирбинского палеовулкана; 9 — Хаканчанского палеовулкана, 10 — Фокинского палеовулкана.

вания интрузии, а также петрохимическую их связь с такситовыми габбро-долеритами. Следует полагать, что они образовались в момент окончательной консолидации массива, когда происходила такситизация инкритового горизонта или дебазификация габбро-долерита и тесно связанная с этими процессами магматическая сульфидизация, по Д. С. Коржинскому [98]. Процесс такситизации протекал при активной роли летучих [50], что способствовало в условиях полуоткрытой системы (за счет интенсивных тектонических движений, связанных с формированием интрузива) взрывным явлениям. Как известно, с процессами такситизации неразрывно связано рудообразование, которое также происходило при активной роли летучих [202]. Магматический материал брекчий фронтальных зон Талнахского рудного узла представлен афировыми породами с витрофировой и гналопилитовой структурой основной массы, которые мы склонны относить к витродолеритам. Несколько повышенная кремнекислотность и соответственно пониженная основность этого материала обусловлена, по нашему мнению, эксплозивными явлениями, сопровождавшими первые порции магмы, так как эти брекчии изменены последующими метасоматическими процессами и нередко замещены брекчиевыми рудами.

Таким образом, никеленосные интрузии и приуроченные к фронтальным их зонам и краевым ответвлениям туфовидные брекчии по своим петрохимическим параметрам тождественны; их генетическая связь во времени и пространстве не вызывает сомнения.

О генезисе брекчиевых пород

Генетическая природа туфовидных брекчиевых пород, сопровождающих разные по составу магматические образования, рассматривались многими исследователями [27, 54, 31, 47, 74, 86, 229]. Убедительно доказано, что эксплозивные брекчии ассоциируют с проявлениями разных по составу магм, при этом основные параметры (вязкость, кремнекислотность магмы и давление газов), влияющие на взрывные свойства, зависят от количества газовой составляющей в магме. Интенсивная эксплозивная деятельность происходит в участках с наибольшим содержанием летучих компонентов.

Эксплозивные брекчии Норильского района в морфологическом отношении представляют собой разные по форме и по протяженности тела. Наиболее простыми являются одноактные камеры взрыва, связанные пространственно с sillами и дай-

ками долеритов. Размер камеры, как правило, не превосходит фронтальную зону силла долерита более чем в 3—4 раза. Это свидетельствует о сравнительной бедности магмы летучими, косвенным подтверждением чего является и слабое воздействие ее на вмещающие породы. Большинство камер взрыва, связанных с силлами и дайками, располагается во фронтальной зоне интрузива или в местах пережимов, резкого увеличения мощностей в зонах тектонических нарушений, т.е. в местах максимального скопления газовых составляющих. Интрузив при этом значительно увеличивается в объеме, что связано, вероятно, с расширением головной колонны газированной магмы в приповерхностных условиях. Немаловажную роль в появлении избыточной энергии играют химические реакции между газовыми компонентами магматической колонны и вмещающими породами. Установлено, что большинство взрывных камер находится в зоне экзоконтакта интрузивов с угольными пластами. Видимо, реакция газовых составляющих (воды, углекислоты и др.) с углеродом дает дополнительную избыточную энергию. В соответствии с данными современной вулканологии взрывы происходят в результате расширения перегретых водяных паров [124] или при цепных реакциях во взрывоспособных смесях газов.

Особенно интенсивное эксплозивное брекчиеобразование, как отмечено выше, наблюдается во фронтальной зоне Талнахского и Октябрьского месторождений, где брекчии образуют сложнопостроенный горизонт весьма непостоянной морфологии. Для объяснения генезиса этого горизонта привлекались явления околотрещинного метасоматоза [188], модели формирования эруптивных брекчий внедрения (Золотухин, Рябов, 1969) и высокотемпературного вторичного плавления с образованием псевдобрекчий и псевдотахилитов [177]. Среди признаков, позволяющих отнести эти брекчии к эксплозивным, отметим следующее: тесная пространственная связь брекчиевых пород с фронтальной зоной рудоносного интрузива, где широко развиты своеобразные просадочные структуры, генезис которых обусловлен активным механическим воздействием газовой составляющей магмы на вмещающие породы: пирокластический характер дробления пород, лишенный признаков тектонического катаклаза; наличие обломков стекловатых витродолеритов с витрофировой и гиалопилитовой структурой основной массы, по петрохимическим параметрам соответствующих среднему составу рудоносной интрузии; развитие шаровых образований, сходных с аналогичными образо-

ваниями для палеовулканов открытого типа; прихотливая замкнутая форма тел, часто приближающаяся к сфероидальной. Все эти характерные черты брекчиевых пород получают удовлетворительное объяснение с позиций взрывного процесса, сопоставимого по газодинамическому механизму и масштабам с побочными взрывными явлениями при вулканических извержениях.

Некоторые исследователи [27, 74, 106] основную причину взрывных явлений связывают с дифференциацией магмы, в результате чего головная ее колонна обогащается щелочными и газовыми составляющими. Кроме взрывного эффекта, связанного с резким увеличением удельных объемов воды, углекислоты и других газовых составляющих, немаловажную роль в условиях малых глубин (2—2,5 км) имеют фазовые расслоения во фронтальной части колонны [54, 221]. При этом дифференциация и дегазация жидких фаз идет бурно, сопровождаясь взрывным брекчиеобразованием. Участки значительных концентраций активных газов во фронтальных частях колонны движущихся растворов становятся зонами скрытых взрывов [76].

Весьма существенным фактором, обусловившим широкое развитие взрывных брекчий во фронтальных зонах Талнахского и Октябрьского интрузивов, является наличие здесь линзовидного горизонта каменной соли, которая служит дополнительным источником хлора для взрывных явлений. При рассмотрении магнетитовых месторождений Тунгусской синеклизы Н. В. Павлов [158] указывает на возможность освобождения хлора при взаимодействии базальтовой магмы с галоидными образованиями. Многие исследователи Норильского района также считают наиболее вероятным перенос рудных компонентов в форме легкорастворимых галоидных соединений. Об активном участии фтора в формировании Октябрьского месторождения свидетельствуют находки прожилков фторапатита в сульфидных жилах. Геохимия вод медно-никелевых месторождений Норильского района, а также данные лабораторно-экспериментальных исследований указывают на исключительную приуроченность хлоридных вод низкой минерализации лишь к этим месторождениям [114].

Наличие активных взрывоспособных газов — фтора, хлора, водорода, углекислоты и других в головной колонне способствует развитию здесь химических реакций, которые носят цепной характер и сопровождаются большим выделением тепла [76]. Предпосылки для газовых взрывов создаются в условиях умеренных и небольших глубин, где давление в интрузирующей

щих жидкостях снижается настолько, что газоотделение становится достаточно интенсивным [74]. Так как газоотделение идет по всему объему движущейся колонны, а окислительно-восстановительные реакции носят цепной характер, то взрывообразование будет также происходить по всей фронтальной зоне, уподобляясь мгновенному вскипанию магмы. Мгновенное вскипание и выделение газов приводит к образованию многочисленных, но мелких тел брекчированных пород, перекрывающих друг друга.

Эксплозивное брекчиеобразование происходило в несколько этапов, соответствуя пульсационному поступлению магмы. Начальный этап отвечает стадии становления камеры интрузива и связан с тектоническими субгоризонтальными подвижками, общими для всего рудного поля. В это время под действием опережающей газовой колонны, прорвавшейся в тектонические нарушения, формировались неизменные брекчии, широко развитые в экзоконтакте Хараелахской ветви интрузива. Последующее брекчирование происходило при пульсационном поступлении магмы в камеру, при этом доводительное эксплозивное брекчирование, перемежающееся с тектоническими подвижками и инъекциями магматического расплава, имело место неоднократно, о чем свидетельствуют сложные взаимопересечения брекчий и интрузий габбро-долеритов.

З. М. НУРБАЕВ, А. И. ПОЛЕТАЕВ

БРЕКЧИЕВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Рассматриваемые в данном сборнике рудоносные брекчии наиболее широко развиты на месторождениях медно-порфирового типа, в частности на уникальных по своим запасам месторождениях Латинской Америки — Эль-Сальвадор, Чукикамата, Брален, Рио-Бланко, Токепала и Куахоне [163, 224, 252, 257, 266], а также на месторождениях Юго-Западных штатов США [59, 239, 258], Мексики [163], Британской Колумбии [241], Австралии [246], Новой Гвинеи [240, 252] и Монголии [65, 186]. В СССР брекчии описаны на Коунрадском, Сокуркойском, Карабасском, Атутайском, Каратасском, Каскырказганском, Кенькудукском, Коксайском и Бенкалинском месторождениях [37, 41, 148, 172]. Кроме того, брекчии известны авторам по личным наблюдениям на месторождениях

Бошекуль, Кызылту, Селетинское-1, Южное Бешпоки, Байское, Алмалы, Кызыл-Кани и Биже-11 в Казахстане, а также на месторождении Дальнем в Алмалыкском районе Узбекской ССР, где, по устному сообщению В. Ю. Деда, они развиты и на Кальмакырском месторождении.

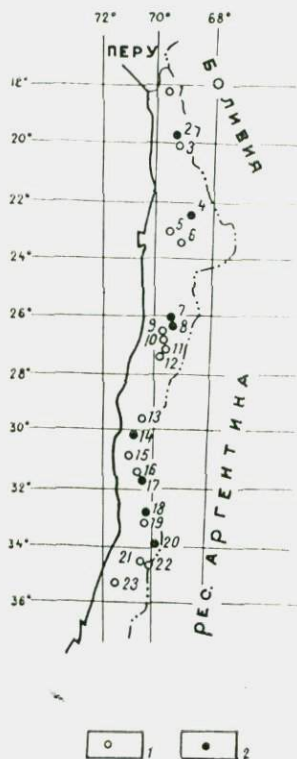
Большинство медно-порфировых месторождений с брекчиями имеют мезо-кайнозойский возраст и расположены в пределах крупных вулканических поясов. Такие позиции, в частности, занимают месторождения Британской Колумбии, США, Мексики, Аргентины, Перу и Чили. Все они размещаются в пределах планетарного Западно-Американского вулканического пояса, вытянутого в субмеридиональном направлении от Аляски до мыса Горн в Южной Америке. К вулканическим поясам приурочены месторождения Монголии и большинство месторождений Казахстана. В Казахстане выделяется несколько таких поясов. Наиболее крупными из них являются Прибалхашско-Илийский, Тургайско-Букентауский и Саур-Жарминский. С первым связаны ниже-среднекаменноугольные, месторождения Джунгаро-Балхашской меднорудной провинции, со вторым — аналогичные по возрасту месторождения Западного Тургая и, очевидно, Алмалыкского рудного района.

Кроме вулканических поясов, медно-порфировые месторождения с брекчиями встречаются в зонах тектоно-магматической активизации и в пределах островных дуг. Примером первого типа могут служить северо-казахстанские месторождения — Бошекуль, Одак и Кызылту, а второго — недавно открытые в Новой Гвинее месторождения Пангуна и Маунт Фьюбилан [240, 252]. Из всех известных месторождений этого типа гвинейские являются наиболее молодыми: их абсолютный возраст, определенный калий-аргоновым методом, варьирует от 0,3 до 3,4 млн. лет [240, 260].

Вне зависимости от размещения медно-порфировых месторождений с брекчиями — в вулканических ли поясах, в зонах активизации или в пределах островных дуг — в подавляющем большинстве случаев они связаны с гипабиссальными или субвулканическими интрузиями габбро-диорит-гранодиоритового или монцонит-диоритового состава. Последние чаще всего представляют собой шовные многофазные интрузии, четко контролируемые региональными зонами разломов. По размерам интрузивы варьируют от крупных плутонов до разбросанных малых тел, залегающих среди родственных им вулканогенных пород, которые обычно составляют с ними единые вулкано-плутоноидные формации, или же среди пород фундамента. В крупных многофазных плутонах брекчии, как прави-

ло, пространственно совмещаются с выходами поздних интрузий и приурочиваются к апикальным их частям, нередко выступающим над общим уровнем кровли массива в виде купольных вздутий, анофиз и тому подобных структур. Такое размещение, например, характерно для пояса меденосных турмалинсодержащих брекчиевых трубок Чили. Этот пояс, являющийся одновременно поясом развития крупнейших медно-порфировых месторождений мира (рис. 1), связан с линейно вытянутым в меридиональном направлении более чем на 2000 км раннетретичным Андским батолитом, обнажающимся на дневной поверхности в виде разрозненных гранодиоритовых массивов, прорванных, в свою очередь, малыми интрузиями диоритов, кварцевых монзонитов, риолит- и дацит-порфиров, анлитов [266]. Брекчиевые тела распределены в поясе крайне неравномерно и группируются в небольшие по площади узлы, пространственно тяготеющие к участкам максимального развития малых интрузий. Подобная картина наблюдается и в районе Медного Бассейна Аризоны в США, где брекчиевые тела тесно ассоциируют с поздними штоками и дайками латитовых порфиров и анлитов [59]. Аналогичный характер размещения брекчиевых тел устанавливается в районах медно-порфировых месторождений, приуроченных к изолированным малым интрузиям. В них брекчии локализуются главным образом на контактах пород различных интрузивных фаз или в зоне контакта интрузивов с вмещающими породами.

Связь с интрузиями отмечается не только для брекчии, непосредственно размещающихся в гранитоидных массивах, но и для брекчии, располагающихся в участках, не имеющих выходов интрузивных пород на дневную поверхность. Примером таких брекчиевых тел может служить трубка Капот в районе Кананеа в Мексике [163]. Эта трубка не выходит на дневную поверхность. На верхних горизонтах над ней была выявлена пологая рудная залежь замещения в известняках, которая ниже сменялась ярко выраженной брекчиевой трубкой, секущей подстилающие известняки и мощную толщу кварцитов. На самом глубоком горизонте отработки месторождения (490 м от дневной поверхности) трубка вошла в гранитонды и была прослежена в них буровыми скважинами еще на 180 м. Аналогичную ситуацию, очевидно, следует ожидать в Кугалинской трубке Коксайского рудного поля, располагающейся в блоке песчано-сланцевых отложений нижнего силура. Не далеко от нее обнажается небольшой шток интрузивных кварцевых диоритов коксайского типа. В обломочном материа-



Р и с. 1. Карта размещения турмалиновых брекчиевых трубок Чили, по Р. Х. Силлитю и Ф. Дж. Савкинсу (R. H. Sillitoe, F. J. Sawkins; [266]): 1 — группы турмалиновых брекчиевых трубок; 2 — медно-порфировые месторождения

ле трубки обнаружены мелкие обломки коксайских гранитоидов. Эти данные позволяют предпологать, что на небольшой глубине (300—500 м от поверхности) трубка войдет в гранитоиды и может оказаться перспективной на промышленное оруденение.

На всех медно-порфировых месторождениях, где брекчии тем или иным путем связаны с интрузивными массивами, отчетливо устанавливается, что их формирование происходит после затвердевания магматических пород — в начале этапа пневмолит-гидротермальной деятельности. Но поскольку кристаллизация расплава во всем объеме магматической камеры протекает не одновременно и эти два процесса иногда перекрывают друг друга, наблюдаются случаи интродирования брекчии поздними сериями магматических пород. Такие случаи, например, известны на месторождениях Бингем и Багдат в Аризоне. На первом из них брекчиевые тела инъекци-

рованы поздними монцонитами [34], на втором — формирование брекчий происходило в возрастной вилке между излиянием предположительно меловых или третичных эффузивов и становлением интрузивных образований того же магматического цикла [239]. На многих месторождениях брекчиевые тела секутся поздними дайками кислых или среднеосновных пород. Такие постбрекчиевые дайки установлены на месторождениях Коунрад, Коксай и Браден [149, 224], а также в трубке Брекчия-301 в районе Кананеа [163].

В ряде районов в размещении брекчиевых тел значительную роль играет разрывная тектоника. Так, приуроченность брекчиевых трубок к локальным сбросам или зонам трещиноватости наблюдается на месторождениях Чайлде-Олдуинкл и Багат в Аризоне [242], Кыуджоун в Перу [257], Сан-Жуан в Аргентине [259] и в районе Жабрикоя в Чили [266]. Контроль в размещении брекчий разрывами местного характера, очевидно, присущ всем объектам, где брекчиевые тела имеют дайкообразную форму. Крупные разрывы обычно контролируют брекчиевые тела, локализующиеся за пределами интрузивных массивов. В качестве такого примера можно назвать Коунрадское рудное поле, где отдельные рудные тела расположены во вмещающих фаменских песчаниках и сланцах и контролируются зоной дугообразных разломов, прослеживаемых по границе крупной кальдеры проседания [166]. Говоря об условиях размещения брекчий, нельзя не отметить, что брекчиевые тела обычно встречаются группами, состоящими из нескольких пространственно сближенных трубок. На отдельных участках, как, например, в районе Кабеза де Вака-Заналлар в Чили [266], на площади нескольких квадратных километров встречаются более 100 трубок. В большинстве известных рудных районов обычное количество брекчиевых тел не превышает 3—5 на 10—15 км², хотя нередки случаи, когда в одном рудном поле сосредоточено более десятка брекчиевых тел. Например, в том же поясе чилийских трубок известно еще несколько участков, где на площади 7—10 км² размещается от 24 до 40 брекчиевых тел. В районе Медного Бассейна [59] установлено 25 брекчиевых трубок, в районе Кананеа — 15, в Коунрадском рудном поле — 7.

Наиболее распространенная форма брекчиевых тел — трубообразная. Брекчиевые трубки представляют собой крутонаклонные или вертикальные столбы или же перевернутые вершиной вниз конусы и плоскоконические тела, имеющие в плане округлую, эллипсоидальную, линзовидную, а иногда

неправильную, не поддающуюся строгому определению форму. Весьма оригинальной формы трубка была встречена нами в Коунрадском карьере. В плане она имеет паукообразную форму, возникшую за счет радиального ответвления от округлого ее ядра диаметром около 10 м многочисленных апофиз — «щупалец». Подобные щупальца в отдельных случаях протягиваются на 10—15 м и имеют у сочленения с ядром мощность до 0,5 м, а на выклинивании — всего 2—3 см. Конфигурация большинства трубок редко выдерживается с глубиной, обычно на глубоких горизонтах трубки сужаются и, как правило, приобретают дайкообразную форму. В отдельных трубках отмечаются усложняющие форму выступы и апофизы. Известны случаи разветвления трубок, когда от одного корня на верхних горизонтах отходят две (реже более) приблизительно равновеликие в плане ветви, которые, как это установлено в трубке Восточная брекчия на месторождении Кананеа [163], могут не обнажаться на дневной поверхности.

Размеры трубок в плане варьируют в самых широких пределах: от 3 м до нескольких километров в поперечнике. Вертикальные их размеры трудно поддаются оценке, поскольку подавляющее большинство известных трубок не вскрыто на всю вертикальную протяженность. По известным из литературы примерам полностью разведанных по вертикали трубок [256, 257, 262] можно говорить, что глубина их развития достигает нескольких сот метров, а в отдельных случаях (например, на месторождениях Браден и Коксай) превышает 1 км. На Коксае в настоящее время трубка разведана буровыми скважинами до глубины 1200 м, но признаков ее выклинивания пока не наблюдается. При выклинивании трубок с глубиной, как показано А. Локком на примере трубок Юго-Восточная и Каталина из района месторождения Бисби в США, «стенки их быстро сходятся и образуют грубый киль, ниже которого встречаются лишь отдельные неправильные протуберанцевые обособления силицифицированной брекчии. Внизу трубки выклиниваются, горизонтально огранчиваясь более свежими, менее трещиноватыми породами» (цитируется по Л. Бринеру [34, с. 668]). На некоторых медно-порфиновых объектах, как отмечалось выше, иногда встречаются «слепые», не выходящие на дневную поверхность трубки с тупым выклиниванием. Над такими трубками обычно развиваются трещинные купола, аналогичные трещинным сводам, образующимся в кровле подземных горных выработок. Типичный пример такого окончания трубки показан на рис. 2.

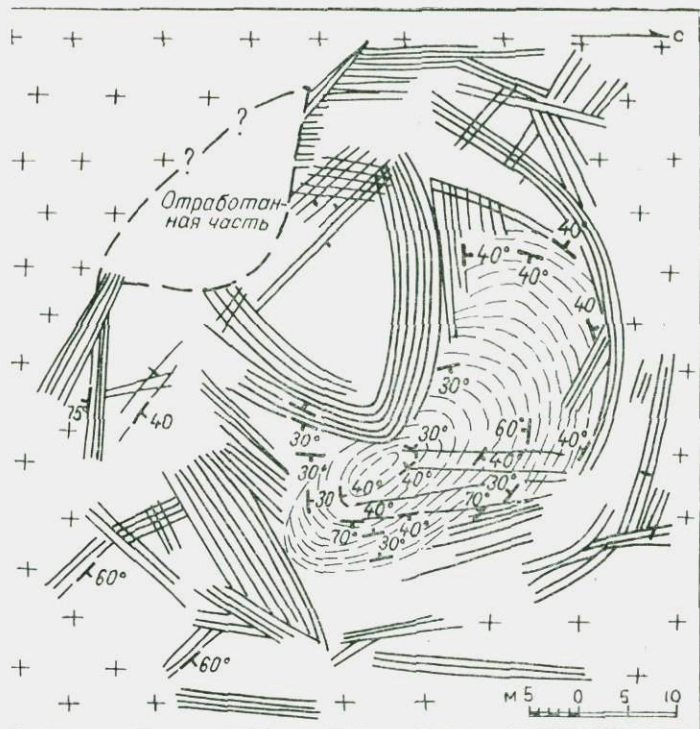


Рис. 2. План верхней части трубки Сан Педро (округ Сан Педро Чахиюе), показывающий развитие вертикальных плоскостей и наклонных трещин в северной части структуры, по Р. Х. Силдитоу и Ф. Дж. Савкинсу [266]:

1 — гранодиориты, подверженные кварц-серпичтовому изменению; 2 — неизмененные гранодиориты; 3 — вертикальные и наклонные плоскости; 4 — пологопадающие зоны трещиноватости

рядом с трубчатыми телами на многих медно-порфировых рудных месторождениях встречаются брекчиевые дайки и силлы (особенно от первых десятков сантиметров до 10 м, которые являются по простиранию иногда на сотни метров. В некоторых случаях (например, на Коксае) они представляют жилы и ответвления от трубчатых тел, в других — самостоятельное значение. Большое количество изолированных брекчиевых даек зафиксировано в Горном районе

Уорен в Бисби [242] и на Коунраде [149]. Дайковые тела брекчий несколько отличаются по составу от трубчатых тел. Если брекчиевые трубки сложены полностью или частично угловатыми или округлыми обломками, заключенными в цементирующую массу или без нее, то некоторые брекчиевые жильные тела, выделяемые в литературе под названием гальковых даек [262], состоят только из шаровидных обломков и обязательно содержат цементирующую массу. Обломки в них нередко имеют луковичную отдельность.

Обломочный материал в трубчатых телах брекчий варьирует по размеру от микроскопических частиц до блоков, достигающих нескольких десятков метров в поперечнике. Крупные обломки чаще всего имеют угловатую форму, мелкие и средние (диаметром до 20—30 см) обычно сглажены по краям и обладают изометричной формой. В отдельных случаях, например в брекчиевой трубке Сакроменто Хилл в Бисби [242], наблюдались эллипсоидальной формы окатанные валуны весом до 80 т (размеры 3,5 x 2,5 м). Обломки в брекчиях представлены в основном вмещающими породами. Если эти породы однородны по составу, то и брекчии имеют однородный обломочный состав и наоборот. Однако и в случае разнородного состава вмещающих пород вследствие неполного смешения обломочного материала брекчии могут иметь в различных своих частях мономиктовый обломочный состав. Показателен в этом отношении пример одной из брекчиевых трубок района Запаллар в Чили [266]. Она размещается в зоне контакта гранодиоритов с андезитами. Одна ее половина сложена только обломками андезитов, другая — обломками гранодиоритов, практически без зоны со смешанными обломками. Даже в мономиктных по составу брекчиевых телах нередко встречается какое-то количество чужеродных обломков, привнесенных на фиксируемое место как с нижних, так и с верхних частей геологического разреза. Как показал Д. Г. Брайнт (D. G. Bryant) на примере месторождения Бисби [242], обломки перемещаются на расстояние до 900 м и более, причем перемещенный материал в брекчиевых телах тесно ассоциирует с обломками, образовавшимися тут же на месте. В трубках, прорывающих стратифицированные толщи, местные обломки часто сохраняют ту же пространственную ориентировку, которую они имели до брекчирования. Наряду с этим отмечаются случаи, когда местные обломки приобретают новую ориентировку и испытывают некоторое перемещение, связанное иногда с развитием по границе трубчатого тела небольших

сбросов. В качестве примера можно привести трубку Ля Тигре из района Жбрикоя. В ней широко развиты плитчатой формы обломки гранитоидов, имеющих длину до 60 см и толщину не более 2 см. В центре трубки эти плитки имеют субпараллельную горизонтальную ориентировку, согласную с плитчатой отдельностью вмещающих ее гранитоидов. Ближе к стенкам трубки плитки залегают наклонно, вначале с падением к центру трубки, затем в обратном направлении, а непосредственно у ограничивающей трубку зоны развальцевания они поставлены на «голову» [266].

Количественное соотношение в трубках крупнообломочного материала и цементирующей массы колеблется в широких пределах: от разностей, практически лишенных цемента, до брекчий, совершенно не содержащих крупных обломков.

Цементирующая масса (матрица) брекчий на большинстве медно-порфировых месторождений представлена тонкообломочным материалом, внешне напоминающим мелкообломочный туф или туфопесчаник. Она состоит из мелких обломков того же состава, что и крупные обломки, или же из продуктов их дезинтеграции. В некоторых трубках роль цемента выполняют гидротермальные новообразования: сульфиды, биотит, турмалин и особенно часто метасоматический кварц. Стекловатый облик такого кварца делает его трудноотличимым от кислой лавы и нередко приводит к неверному отнесению рассматриваемых брекчий к вулканокластическим образованиям. Более распространенный тонкообломочный цемент брекчий обладает изумительной проникающей способностью и порою выполняет тонкие трещины в крупных обломках или даже выходит за пределы брекчиевых тел, во вмещающие их породы. Следует подчеркнуть, что в таком цементе нет обычных петроструктурных признаков катаклаза, а также нет и признаков, свидетельствующих об изначально огненножидком его состоянии. В то же время в нем довольно часто фиксируется сортировка тонкообломочного материала и следы линейного или турбулентного течения (флюидально-полосчатые, струйчатые и спирально-вихревые текстуры). Направление течения обычно совпадает с вертикальной (или близкой к ней) ориентировкой стенок трубок, но порою наблюдаются пологонаклоненные и спирально-вихревые потоки. В крупных брекчиевых телах участки со следами течения обособляются в виде отдельных полос — струй. В пределах таких струй, имеющих ширину от нескольких сантиметров до десятков метров, отмечаются гетерогенные по составу и преимущественно округлые по форме обломки. В целом благодаря этим струям

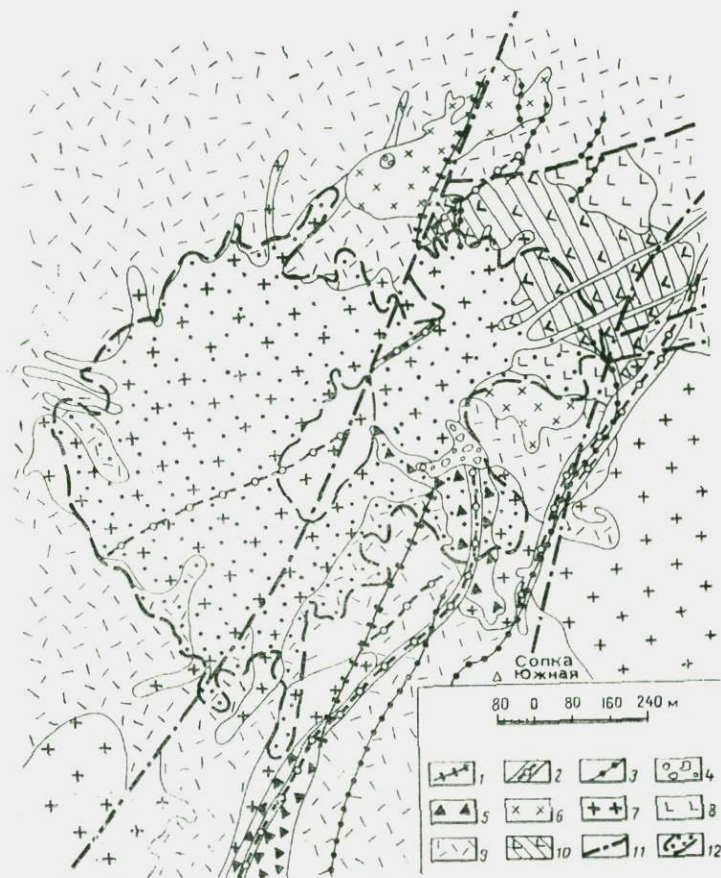
в брекчиевых телах появляется определенная зональность в распределении обломочного материала. Подобного рода зональность описана У. П. Джонстоном и Дж. Д. Лоуэллом для трубок Медного Бассейна [59]. В идеализированной трубке, совмещающей черты нескольких трубок, ими выделяются три зоны: зона 1, представляющая собой переходную зону к нормальным трещиноватым вмещающим породам; зона 2, или промежуточная, характеризующаяся сравнительно большей, чем в зоне 1, раздробленностью пород и наличием слабоокруглых и угловатых обломков; зона 3, представляющая собой центральную зону трубки, состоящую из гетерогенной смеси обломков, несущих явные следы вращения. Обломки в ней имеют окатанную, полуокатанную, реже угловатую форму. Большая часть обломков в результате передвижек разбита на более мелкие угловатые осколки. Хотя в зоне 3 и нет явных следов течения, но поскольку обломочный материал в ней все же перемещался и она четко отделена от зоны 2 резко выраженным контактом, мы склонны считать слагающие ее брекчии примером вышеупомянутых струй.

Контакты брекчиевых тел с вмещающими породами не всегда четкие. В отдельных случаях, как в приведенном примере трубок Медного Бассейна, брекчиевые тела постепенно, через переходную зону, сменяются интенсивно трещиноватыми вмещающими породами и не обнаруживают каких-либо видимых границ. В то же время известны и другие случаи, когда брекчии отчетливо прорывают вмещающие породы и имеют с ними резкие интрузивные контакты. Нередко брекчии отделяются от вмещающих пород зонами тектонических нарушений. Такие нарушения, по Р. Х. Силлитоу и Ф. Дж. Савкинсу (R. H. Sillitoe, F. I. Sawkins; [266]), как правило, не являются непрерывной кривой плоскостью, окружающей трубку, а состоят из нескольких коротких прямых или слегка изогнутых по длине зон, причем каждая из них характеризуется своим, несколько отличным от других, простиранием. Многие из таких зон проявляют тенденцию изгибаться на одном из своих концов. При интрузивных и тектонических контактах вокруг брекчиевых трубок обычно развиваются ореолы штокверковой трещиноватости, представляющие собой зоны взаимопересекающихся концентрических и радиальных, по отношению к трубке, мелких трещин. Эти зоны нередко служат ареалами развития интенсивных гидротермально-метасоматических изменений и участками локализации прожилково-вкрапленного оруденения. Мощность таких зон иногда в несколько раз превышает диаметры самих трубок.

Гидротермально-метасоматические изменения и оруденение очень часто отмечаются и непосредственно в трубках. При этом наблюдаются следующие варианты возрастного взаимоотношения брекчий и оруденения: 1) образование брекчий предшествует оруденению; 2) брекчин образуются после отложения незначительной рассеяно-вкрапленной рудной минерализации, но предшествуют отложению главной массы руд; 3) образование брекчий происходит после отложения основной массы руд, но до полного завершения рудообразующих процессов. Первый из этих вариантов встречается сравнительно редко и характерен в основном для брекчиевых трубок, локализующихся вне интрузивных массивов. В таких трубках цементом часто служат гидротермальные новообразования, в том числе и рудные минералы. Подобные соотношения брекчий с оруденением устанавливаются в упоминавшихся выше брекчиевых трубках района Кананеа (трубки Булут и Канот), а также в Кугалинской трубке Коксайского рудного поля. Вторым вариантом является самым распространенным и отмечается на большинстве медно-порфировых месторождений, локализующихся в брекчиях. Иногда он встречается совместно с третьим, как это, например, выявлено нами на Коунрадском месторождении [149]. Здесь выделяется две разновозрастные разновидности: брекчин I и II-го этапов.

Брекчин I-го этапа образуют в пределах площади месторождения два неправильных в плане трубчатых тела (рис 3). Эти тела сложены в различной степени измененными обломками вмещающих трубку гранодиоритов и гранодиорит-порфиров, иногда содержащих редкую вкрапленность пирита и халькопирита, а также обломки обрамляющих Коунрадскую интрузию вторичных кварцитов по липаритам (рис. 4). Цементирующая масса представлена темно-серым стекловатым кварцем с небольшой примесью мелкочешуйчатого серицита. Цемент и обломки рассеяны густой сетью жильного (штокверкового) кварца с прожилково-вкрапленной молибденово-медной минерализацией, развивающейся также в промежутках между переплетениями кварцевых прожилков. Эта минерализация является основной для месторождения.

Брекчин II-го этапа прорывают первую разновидность брекчий и встречаются на Коунраде в виде трубчатых тел и гальковых даек, цементом которых служит песчановидная матрица с прекрасно выраженной струйчато-вихревой полосчатостью и плитчатой отдельностью. Обломки здесь сложены, кроме пород, обнаруженных в брекчиях I-го этапа, еще и



Р и с. 3. Геологическая схема Коуирадского месторождения:

1 — дайки диоритовых порфиров; 2 — дайки гранодиорит-порфиров; 3 — галечниковые дайки; 4 — брекчии II-го этапа; 5 — брекчии I-го этапа; 6 — гранодиорит-порфиры поздних штоков; 7 — гранодиориты и гранодиорит порфиры основной интрузивной фазы (топарский комплекс); 8 — диабазы; 9 — липариты и игнимбриты; 10 — андезиты и их туфы с прослоями грубозернистых туфоссашишков; 11 — тектонические нарушения; 12 — коштуры промышленных руд

секущими их дайками гранодиорит-порфиров и кварцевых диоритов, а также обломками жильного (штокверкового) кварца с основной рудной минерализацией. Кроме того, наблюдались случаи, когда жилки брекчий II-го этапа, состоящие

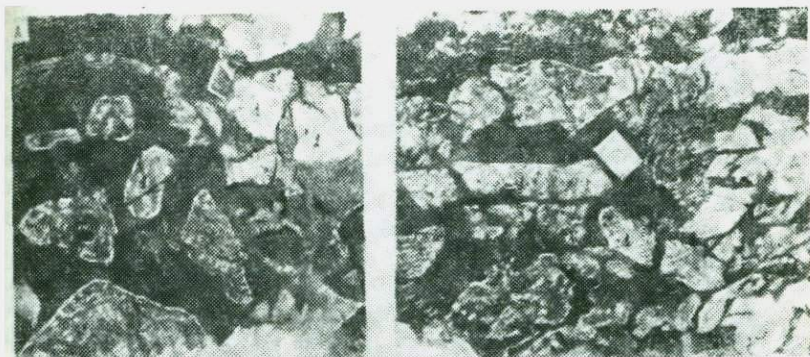


Рис. 4. Общий вид брекчий I-го этапа Коурадского месторождения:

А — внутренняя часть Центральной брекчневой трубки; обломки округлой и неправильной формы представлены светло-серыми гранодиорит-порфирами (1) и вторичными кварцитами по кислым эффузивам (2); цемент — оруденелый кварц-серицитовый агрегат темно-серого цвета; фото юго-восточной стенки карьера, горизонт 530—545 м;

Б — приконтактная часть Центральной брекчневой трубки; изолированные обломки гранодиорит-порфиров имеют неправильные остроугольные очертания; в правой части снимка видно проникновение в монокристаллические гранит-порфиры почти монокварцевой цементирующей массы в виде тонких извилистых инъекций; фото юго-восточной стенки карьера, горизонт 530—545 м

из одной матрицы, непосредственно пересекали прожилки штокверкового кварца (рис. 5). Эти данные однозначно свидетельствуют, что брекчии II-го этапа формировались после главного этапа рудоотложения, но считать их пострудными нельзя, поскольку сами они рассекаются прожилками поздней стадии минерализации, представленной прожилками гребенчатого кварца с включениями крупночешуйчатого молибденита и сульфидов свинца и цинка. Коурадские брекчии II-го этапа представляют собой типичный пример третьего варианта взаимоотношений брекчий с оруденением. Такие взаимоотношения обычно встречаются на объектах с проявлением нескольких разновозрастных генераций брекчий и, как правило, присущи наиболее поздним из них. Эти генерации слагают небольшие брекчневые тела, отличающиеся от ранних брекчий содержанием большого количества чужеродных обломков и песчановидного цемента с отчетливыми следами течения.

В зависимости от временного соотношения брекчий с оруденением находятся и их пространственные связи. В тех случаях, когда брекчьеобразование предшествует главным стадиям рудообразования, рудолокализирующими структурами

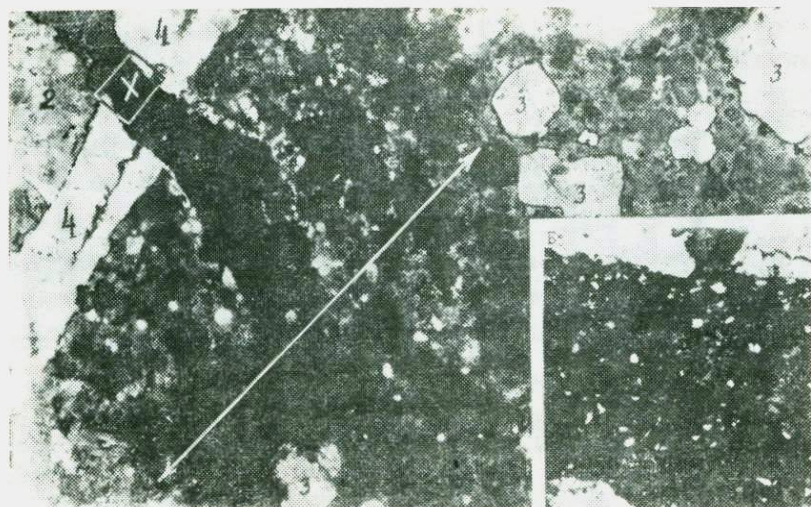


Рис. 5. Апофиза брекчии II-го этапа Коупрадекого месторождения, секущая прожилок серого штокверкового кварца, с которым связана основная масса молибденово-медного оруденения. По обе стороны от апофизы вмещающие ее гранитоиды подвергнуты интенсивной хлоритизации и несут тонковкрапленное оруденение (зона изменения показана стрелкой). Крестиком отмечен участок увеличенного снимка, помещенного в правом нижнем углу рисунка, на котором видно, что брекчиевый материал апофизы насыщен сырью сульфидов (белое)

обычно являются сами брекчиевые трубки, как, например, на месторождениях Чайлдс-Олдуинкл, Кактус, Коксай и т. д. На ряде крупных месторождений с проявлением нескольких разновозрастных брекчиевых генераций оруденение распространяется далеко за пределы брекчиевых тел.

В целом отмеченная связь медно-порфировых месторождений с брекчиями весьма закономерна и объясняется особенностями спонтанного развития процессов порфиرو-, брекчие- и рудообразования в гниабиссальных условиях становления рудоносных интрузий.

В. Л. ХОМИЧЕВ, В. И. СОТНИКОВ

РУДНЫЕ БРЕКЧИИ СОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Для Сорского месторождения, как и для преобладающего большинства медно-молибденовых месторождений, характерно широкое развитие брекчий, формирующихся в разные пе-

риоды развития эндогенного процесса и играющих заметную роль в становлении окончательного облика месторождения. Хотя генетическая сущность их до настоящего времени остается еще дискуссионной, не учитывать факт интенсивного брекчьеобразования при расшифровке геологической истории месторождения нельзя. Вопрос этот не нашел еще должного отражения в литературе, и авторы настоящей статьи задались целью в какой-то мере восполнить этот пробел.

Геологическое строение месторождения Сорское месторождение целиком сложено интрузивными породами, которые подразделяются на три возрастные петрогенетические группы. Наиболее древние габбро-диориты, диориты и сиенодиориты мартайгинского комплекса ($Сп_{23}$) явились той рамой и кровлей, в которые внедрились рудоносные лейкократовые граниты тигертынского комплекса ($Сп_{3-0}$) и их производные. К наиболее молодым породам относятся дайки диабазов, порфиритов и плагнопорфиров (ортофиров), связанные с девонским вулканизмом мшусенских межгорных впадин.

Мелкозернистые лейкократовые граниты в строении месторождения занимают ведущую роль. С ними генетически связано медно-молибденовое оруденение, и они же являются главными рудовмещающими породами. Контакты гранитов с диоритами и сиенодиоритами в большинстве случаев резкие, неровные, осложнены глубокими заливами, апофизами и тонкими инъекциями. Но иногда наблюдается гранитизация диоритов и ассимиляция гранитной магмой меланократовых компонентов вмещающих пород, благодаря чему создается видимость постепенных переходов. Такие явления особенно характерны для верхних уровней месторождения. С глубиной граниты становятся однороднее и объем их возрастает. Состав гранитов следующий: кварц (30—35%), зональный плагноклаз № 8—20 и калишпат (примерно в равных количествах — 30—40%), биотит и роговая обманка (единичные зерна), акцессорные минералы — анатит, магнетит, циркон, реже сфен, монацит и ортит.

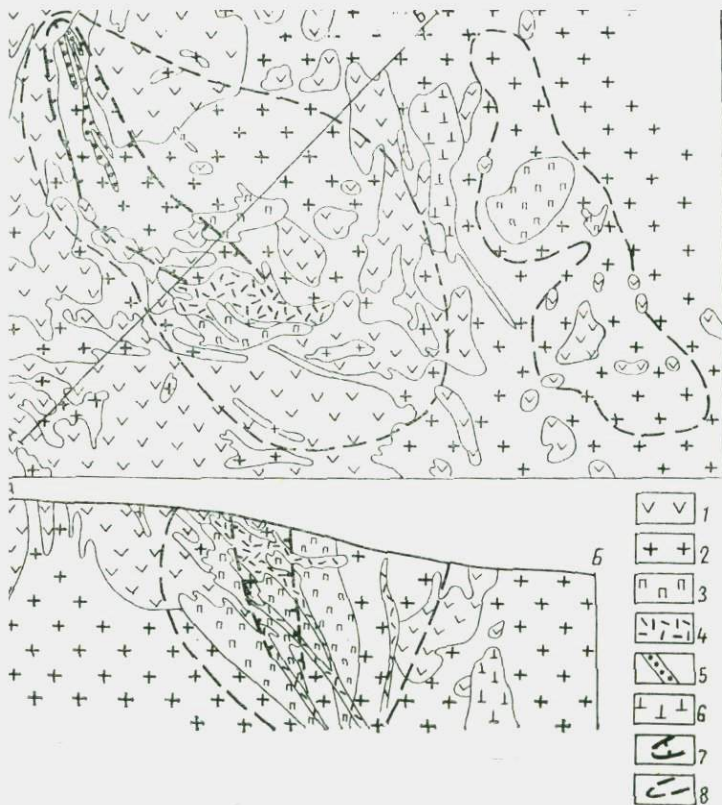
В центре Сорского месторождения среди лейкократовых гранитов залегает несколько крупных и мелких тел пегматитов и гранит-порфиров, которым всегда придавали важное значение в рудообразовании. В мелких телах состав пегматитов кварц-калишпатовый с закономерными срастаниями обоих минералов в силу одновременного их образования. В крупных штоках калишпат и кварц в результате метасоматической

дифференциации часто обособляются в отдельные, почти моно-минеральные, хотя и сопряженные тела. Мелкие жилы пегматитов выклиниваются в гранитах на незначительной глубине, а наиболее крупное их тело прослеживается до самого нижнего разведочного горизонта, но оно представлено здесь только двумя очень небольшими «корешками». Это свидетельствует о прямой генетической связи пегматитов с гранитами и небольшой глубине их зарождения.

Гранит-порфиры внедрились позже пегматитов и также довольно широко развиты на месторождении в виде небольших дайкообразных залежей, а на границе Главного и Южного участков рядом с телом пегматита они образуют крупный грубоконический шток (рис. 1). К юго-западу от месторождения, на горе Сор-Герет, находится наиболее значительное тело гранит-порфиров, сопровождающееся эруптивными брекчиями, которые обнаружены В. И. Сотниковым и А. П. Берзиной и на юго-востоке месторождения в экзоконтакте дайкообразного тела гранит-порфиров [184].

Повсеместно гранит-порфиры характеризуются очень близким обликом и составом. Это светло-розовые мелкопорфировые породы, в целом без подразделения на вкрапленники и основную массу, отвечающие граниту с примерно равным содержанием кварца, кислого (№ 5—12) плагиоклаза и калишпата. Вкрапленники составляют 40—60% породы. Ведущая роль среди них принадлежит плагиоклазу (40—55%), несколько меньше калишпата (30—45%) и на долю кварца приходится 5—15%. В микрогранитовой или фельзитовой основной массе соотношения обратные: больше всего кварца (40—50%) и меньше плагиоклаза (20—25%).

Контакты гранит-порфиров с гранитами обычно резкие, секущие. Однако по ряду скважин и в карьере на глубоких горизонтах между ними наблюдались фацнальные переходы. При близости минерального и химического состава гранит-порфиров и гранитов такие соотношения свидетельствуют о неразрывной их генетической связи. Об этом же говорит и морфология гранит-порфировых тел. Мелкие дайки их «подвешены» в гранитах, не имея корней, а наиболее крупный шток в центре месторождения с глубиной расщепляется и в 500 м от поверхности выклинивается, «растворяясь» в гранитах. Ниже этого уровня гранит-порфиры вообще не встречаются. С другой стороны, гранит-порфиры очень тесно ассоциируют с оруденением и именно по соотношению с ним на



Р и с. 1. Геологическая карта и разрез Сорского медно-молибденового месторождения (по материалам Сорской ГРП):

1 — диориты и сиенодиориты; 2 — мелкозернистые лейкократовые граниты; 3 — пегматиты; 4 — гранит-порфиры I; 5 — гранит-порфиры II; 6 — шток плагиопорфиров (ортофенов); 7 — зона штокверкового оруденения; 8 — зона рудных брекчий

орождении выделяется по меньшей мере два возрастных пика [165]. Ранние гранит-порфиры I имеют активный акт с гранитами и пегматитами, но подвергаются брекчированию, прожилковому окварцеванию и оруденению. Поздние ит-порфиры II пересекают брекчиевые и прожилковые русами несут лишь слабоминерализованные кварц-карбонатные прожилки заключительной стадии. Таким образом, ит-порфиры буквально вылетают в рудный процесс и

рассматриваются нами как сопряженные с оруденением концевые дифференциаты лейкократовой магмы, отщепляющиеся от нее в неглубоких частях массивов. Возможно, что гранит-порфиры и сульфидно-кварцевые жилы представляют продукты распада (ликваты) остаточного гранитного расплава. Относительно более молодой возраст оруденения по сравнению с гранит-порфирами I объясняется тем, что рудная фаза кристаллизуется позже и медленнее силикатной, долго сохраняет подвижное состояние и имеет возможность «сечь» разновозрастные с ней порфиры.

Главная масса руд Сорского месторождения связана с кварцевыми жилками и прожилками, образующими штокверк в гранитах (90% руд), гранит-порфирах и отчасти в диоритах кровли. Наиболее ранними являются тонкие мономинеральные или с небольшим количеством кварца прожилки пирита и молибденита. Первые, вероятно, связаны с процессом ороговокивания и к оруденению не имеют прямого отношения. Вторые встречаются не часто и образовались, по-видимому, осаждением молибденита из газовых эманаций (эксгаляций) в предрудный период. Практического значения в оруденении они не имеют.

Собственно гидротермальный рудный процесс начинается пирит-калишпат-кварцевой стадией I сравнительно крупных жил грубозернистого, нередко друзовидного молочно-белого кварца с беспорядочно включенными в нем гнездами калишпата. Из рудных минералов в заметных количествах присутствует крупнозернистый идиоморфный пирит, редко халькопирит и молибденит. Газово-жидкие включения в кварце I гомогенизируются то в газ, то в жидкость при температуре 470—390° С [13].

Сульфидно-кварцевая стадия II является ведущей и по распространенности, и по роли в формировании промышленного оруденения. Жилки и прожилки сложены зернистым сероватым полупрозрачным кварцем с подчиненным развитием калишпата в зальбандах или параллельных им полосках внутри жилок. Довольно широко распространен флюорит, а из сульфидов — пирит, молибденит, халькопирит, реже сфалерит и галенит. Температура гомогенизации газово-жидких включений в кварце 360—290°, во флюорите 350—280° С.

Молибденит-кварцевая стадия III маломощных прожилков сложена мелкозернистым голубовато-серым кварцем от тонкодисперсного в нем молибденита. Это наиболее богатая молибденом стадия, но развита она весьма ограничено. Температура гомогенизации газово-жидких включений в кварце стадии III

составляет $360-250^{\circ}\text{C}$. Наиболее поздние карбонат-кварцевые прожилки стадии IV содержат лишь редкие зерна пирита, халькопирита, сфалерита и галенита. С прожилковыми рудами связано сопутствующее им вкрапленное оруденение. Масштаб его зависит от интенсивности предрудного метасоматического изменения пород, в особенности альбитизации. Объясняется это различиями в общей и эффективной пористости как главного фактора вкрапленного оруденения, которая достигает 3,5-5,5% в фельдшпатизированных гранитах против 0,8—1,2% в неизмененных их разностях.

Брекчиевые руды менее развиты, но значительно богаче прожилково-вкрапленных. Небольшие тела их имеются на каждом участке, а крупное — на Главном. Залегает оно в гранитах в виде самостоятельного геологического тела, протягиваясь от штоков пегматита и гранит-порфира в северо-западном направлении на несколько сот метров. Ширина зоны брекчий более 100 м. Западная граница на большем протяжении резкая, подчеркнута пострудными тектоническими нарушениями, восточная — неотчетливая, с постепенным переходом брекчий в брекчированные, а затем в монокристовые прожилково-окварцованные граниты. Северо-западное окончание тупое, с мелкими ответвлениями (рис. 2), юго-восточное — очень нечет-

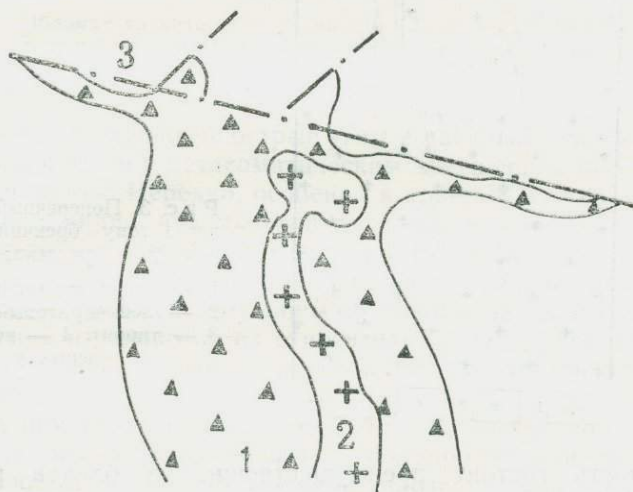
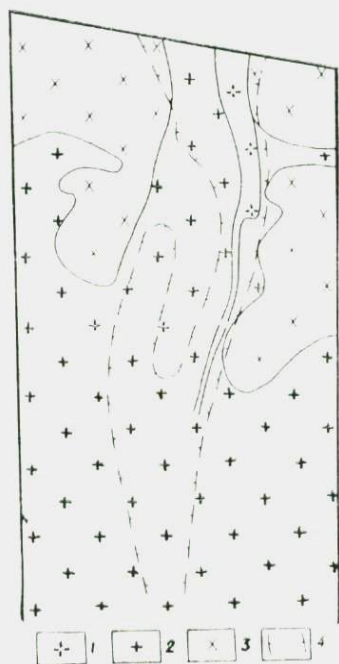


Рис. 2. Северо-западное окончание зоны брекчиевых руд Главного участка:

1 — брекчиевые руды; 2 — гранит-порфиры II; 3 — пострудные нарушения

кое, теряется в штоках пегматита и гранит-порфира. Фрагментарно брекчирование проявляется и с другой стороны штоков, на Южном участке.

Падение зоны брекчий вертикальное или крутое. С глубиной мощность ее постепенно сокращается и на 500—600 м от поверхности брекчии выклиниваются в гранитах. На среднем (по вертикали) уровне от основной зоны отходит вверх небольшой «слепой» субпараллельный отпрыск (рис. 3). Строение зоны неоднородное. В северо-западной части, которая приурочена к узкой гребневидной апофизе лейкократовых гранитов (рис. 1), брекчии мелко- и крупнообломочные (5—20 см) у западного контакта и крупноглыбовые (0,5—2 м) у восточного. В юго-восточной половине, от места сопряжения апофизы со штоком гранита и далее внутри него, зона на всю



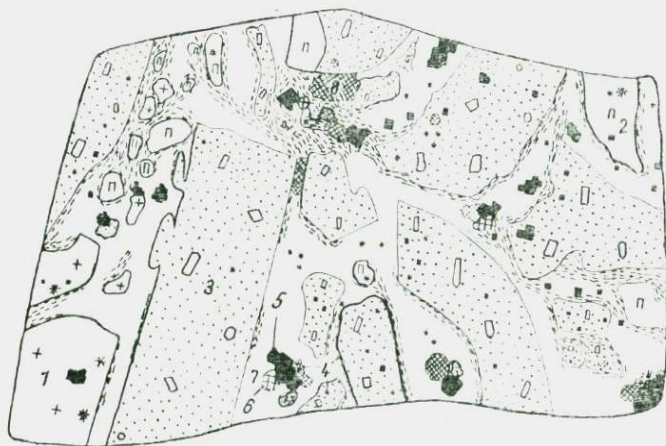
Р и с. 3. Поперечный разрез через зону брекчий Главного участка:

- 1 — дайка гранит-порфира II;
- 2 — лейкократовый гранит;
- 3 — диорит; 4 — контур брекчневых руд

мощность состоит преимущественно из блоков размером 2—10 м.

Обломки на 90—95% сложены лейкократовыми гранитами (в том числе фельдшпатизированными и серицитизированными) и только 5—10% приходится на гранит-порфиры I, пегма-

титы и диориты. Цемент кварцевый с калишпатом и неравномерной, сравнительно богатой (особенно в северо-западной половине) вкрапленностью флюорита, пирита, молибденита, халькопирита, меньше сфалерита. Соотношения обломков и цемента от 1 : 2 до 5 : 1. Форма их всевозможная, с неровными угловатыми, обычно резкими, контурами (рис. 4), но иногда



Р и с. 4. Рудная брекчия Главного участка:

Обломки гранита (1), пегматита (2) и гранит-порфира 1 (3) в сульфидно-кварцевом цементе; 4 — молибденит; 5 — пирит; 6 — халькопирит; 7 — сфалерит; 8 — флюорит (1/3 натур. вел.)

наблюдаются сглаженные острые углы и расплывчатый характер границ, в связи с метасоматическим замещением обломков кварцем цемента. Нередко, особенно в краевых частях брекчиевой зоны, видно, что обломки не изменили своего положения относительно крупной глыбы, от которой они откололись. Контуры крупных глыб обычно обладают определенным параллелизмом, свидетельствующим об отсутствии значительных перемещений и поворотов их относительно друг друга. Совершенно отсутствуют признаки перетирания и тектонического скольжения.

Кварц цемента в подавляющей части брекчиевой зоны крупнокристаллический, сероватый, полупрозрачный, нередко мелкодрузовый. Калишпат также крупнозернистый, распределен неравномерно в виде включений, гнезд, полосок. Флюорит образует преимущественно идиоморфные кристаллы с зональной фиолетовой окраской, распределен неравномерно. Из суль-

фидов наиболее широко развит пирит в виде крупных кубических зерен и агрегатов. Молибденит образует мелкие и крупные чешуйки, скопления, прерывистые цепочки и значительные по размерам агрегаты, тяготеет к границе цемента с обломками, окаймляя последние, но и внутри кварца его достаточно много (рис. 4). Халькопирит имеет подчиненное значение, но иногда наблюдаются существенные его концентрации на небольших отрезках. Сфалерит встречается в тесной ассоциации с халькопиритом и пиритом в виде отдельных крупных, довольно хорошо оформленных зерен. Здесь же отмечается галенит, но в гораздо меньших количествах.

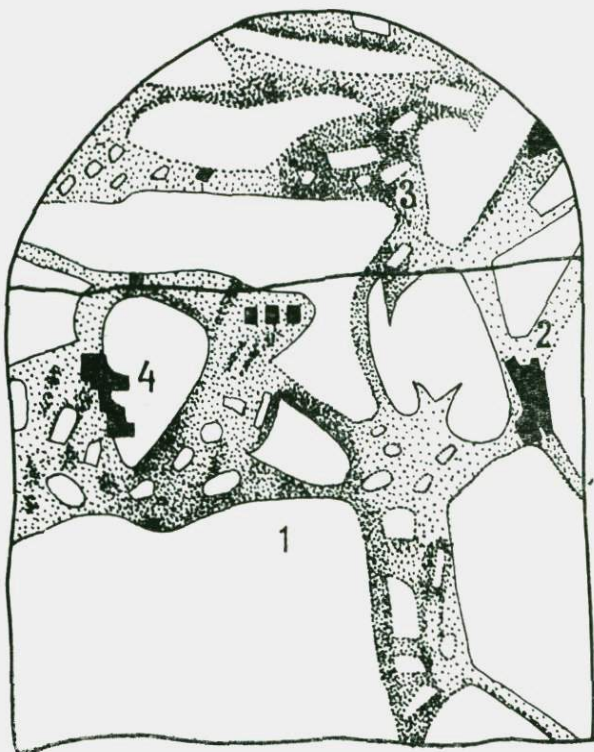
По характеру слагающих цемент минералов и их парагенетическим ассоциациям брекчиевые руды можно параллелизовать с сульфидно-кварцевой стадией II прожилковых руд. Об этом же свидетельствуют температуры гомогенизации газовой-жидких включений в кварце цемента порядка 360—240°C и интенсивность его природной термолюминесценции (0,3—0,5 усл. ед.), одинаковой с жильным кварцем II генерации. Такой вывод справедлив для подавляющей части брекчиевых руд. Однако на южном конце их, вблизи штоков пегматита и гранит-порфира I, где широко развиты жилы стадии I, цемент брекчий представлен крупнокристаллическим и друзовидным молочно-белым кварцем с большим количеством калишпата и пирита, но по существу без молибденита. Этот кварц отвечает I-й стадии жил и, возможно, пегматоидному кварцу, в чем убеждает и его термолюминесценция, прекрасно зарекомендовавшая себя в распознавании кварца разных генераций, в одних случаях порядка 0,9—1,1 усл. ед., как в жильном кварце стадии I, в других — 0,1 усл. ед. и меньше, как у пегматоидного кварца. Это позволяет говорить о многоактивности формирования брекчиевой зоны одновременно с пегматитообразованием и жилами I, II и, возможно, III стадий. Но максимум этого процесса совпадает с главенствующей на месторождении сульфидно-кварцевой стадией II, а эпицентр брекчирования находится в северо-западной трети зоны брекчиевых руд.

Из сказанного следует, что брекчиевые руды образовались за счет тех же растворов, которые формировали прожилковое оруденение. Это подтверждается характером перехода между ними. Типичные брекчии, в которых обломки индивидуализированы и разобщены цементом, встречаются в брекчиевой зоне не очень часто. Обычно имеет место растрескивание крупных блоков пород с заполнением образовавшихся трещин и пустот рудным кварцем в виде неправильных ветвящихся прожилков,

бесформенных гнезд, глубоких заливов и т. п. Это так называемое узловатое окварцевание. Интенсивность его целиком зависит от степени растрескивания пород и их предрудного изменения. Больше всего оно отличается в участках, прилегающих к брекчиевым рудам, и убывает к краям брекчиевой зоны, где имеет место окварцевание пород по сети мелких беспорядочных трещин, фиксирующих начальную стадию брекчирования. Еще дальше трещины и выполняющие их жилки становятся крупнее и выдержаннее, а ориентировка их все более упорядоченной. Это уже типичные прожилковые штокверковые руды.

Значительно отличаются от описанных брекчии Северного участка. Они образуют одно линзовидное крутопадающее тело мощностью 40—50 м вдоль тектонического нарушения северо-западного простирания и несколько мелких линз в его висячем крыле. Брекчии не выходят на поверхность и подсечены только скважинами. Глубина распространения их не более 300 м. Обломки гранита сравнительно невелики (3—10 см, редко больше), форма их угловатая и частично сглаженная. Цементом служит мелкозернистый темно-серый кварц с тонкодисперсным молибденитом или мономинеральный микрозернистый агрегат молибденита с примесью кварца (рис. 5). Цемент переполнен мелкими (1—10 мм) обломками гранита и в качестве примеси содержит пирит и флюорит. По характеру кварца и сульфидов цемент брекчий Северного участка сопоставим с молибденит-кварцевыми прожилками III стадии и подобно им очень богат молибденом. Однако в силу небольшого его количества в брекчиях и ограниченного размера последних, брекчиевые руды Северного участка по своей значимости несравнимы с таковыми Главного участка.

В структуре месторождения брекчиевые руды занимают строго определенное положение. Морфология штокверка Сорского месторождения представляет две линейные зоны повышенной трещиноватости северо-западного простирания и v-образного поперечного сечения, круто падающие навстречу друг другу [7]. Основная, западная зона проходит через участки Главный и Южный, второстепенная, восточная — через Северный, Кварцевый и Лагерный (рис. 1). Обе зоны заложилась вскоре после внедрения и кристаллизации ашкальной части лейкократовых гранитов, так как самые ранние метасоматические процессы (кальципатизация, альбитизация, окварцевание, серицитизация) наиболее интенсивно проявились вдоль этих зон и убывают с удалением от них. Штоки пегма-



Р и с. 5. Мелкообломочная брекчиевая руда Северного участка:

1 — гранит; 2 — тошкзернистый серый кварц с сырьем молибденита; 3 — почти мономинеральный агрегат тонкокристаллического молибденита (1/2 натур. вел.); 4 — крупнокристаллический пирит

титов, как максимальное выражение метасоматических процессов, локализуются в центральных участках зон повышенной трещиноватости, залечивают их и в дальнейшем играют роль жестких уступов, от которых магмо-рудоконтролирующая структура разрастается по простиранию и в стороны. Гранит-порфиры, тесно связанные с оруденением, также локализуются в осевой части зон повышенной трещиноватости, причем наиболее крупный их шток размещается рядом со штоком пегматита.

Брекчиевые руды Главного участка протягиваются от пегматит-порфирового ядра в северо-западном направлении

Вдоль осевой линии основной зоны, в еще большей мере подчеркивая ее ведущую структурную роль. Вкрапленно-прожилковое оруденение на крыльях зон повышенной трещиноватости испытывает их влияние как в интенсивности прожилкового окварцевания и рудной минерализации, убывающей с удалением от осевой части зон, так и в ориентировке жил и прожилков. Как установлено на многочисленных структурных точках, устойчивое, согласное с зоной повышенной трещиноватости крутое северо-восточное падение жил и прожилков наблюдается в непосредственной близости к брекчиевым рудам, т. е. к осевой части структурных зон, а с удалением от них все большую роль приобретают пологие жилки в протектонических трещинах гранитов.

Обе зоны испытывают склонение с северо-запада на юго-восток, поэтому на Главном и Северном участках руды выходят на поверхность, на Южном — под диориты кровли, а на Лагерном — начинаются под апикальной зоной гранитов мощностью 100—150 м. Именно к наиболее высоким в структурном отношении северо-западным окончаниям зон, где мощность кровли была минимальной, приурочены брекчиевые руды Главного и Северного участков.

Таким образом, в осевой части зон повышенной трещиноватости в силу их высокой проницаемости локализуются пегматиты, гранит-порфиры и брекчиевые руды, а на крыльях, постепенно затухая, — прожилковое окварцевание и оруденение в слабоизмененных породах.

Вертикальный размах и масштаб развития пегматитов, гранит-порфиров и оруденения (в том числе брекчиевых руд) находятся в прямой зависимости. С глубиной размеры их сокращаются, и пегматиты, гранит-порфиры и оруденение стягиваются в небольшие узлы — корни, выклинивающиеся в гранитах примерно на одном уровне. Помимо тесной временной связи между пегматитами, гранит-порфирами и оруденением это свидетельствует о том, что локализующие структуры, пути движения, источник, причины и механизм формирования для них были либо общими, либо близкими. Поэтому мы склонны рассматривать весь этот комплекс рудно-магматических образований как единую систему, развивающуюся на базе лейкократовых гранитов в апикальной их части в пределах зон повышенной трещиноватости. Хотя эти зоны находятся на продолжении крупных дислокативных нарушений, заложились задолго до оруденения и периодически обновлялись позже, они являются локальными, поперечными к региональ-

ным структурам, полузакрытыми и потому благоприятными для рудоотложения тектоническими единицами. Они дренировали остаточные расплавы и растворы из неглубоких частей гранитного массива, обуславливали высокую степень его дифференциации и контролировали последовательно возникающие рудно-магматические продукты, разрастаясь по простиранию и мощности.

Генезис брекчиевых руд. На генезис брекчиевых руд высказано несколько точек зрения. Тектоническая гипотеза исключается в связи с отсутствием перетирания, сглаживания, развальцевания обломков, значительного их перемещения и перемешивания. Резкие контакты цемента брекчий с обломками, небольшие масштабы метасоматического замещения обломков рудным кварцем, идиоморфизм жильных и рудных минералов, параллельное контурам обломков расположение молибденита, переход брекчиевых руд в прожилковые свидетельствуют о выполнении рудным кварцем готовых трещин и пустот в брекчированных породах, а отнюдь не о метасоматическом его образовании, как допускали некоторые исследователи [48]. Остаются возможными две гипотезы. Первая, которой придерживается В. И. Сотников, связывает образование рудных брекчий с обрушением пород в результате оттока магматических масс при становлении гранит-порфиров I. Вторая, которую разделяет В. Л. Хомичев, объясняет их образование взрывным путем в связи с резким расширением насыщенных летучими компонентами гидротермальных растворов в зонах повышенной трещиноватости при достижении определенных уровней.

В пользу первой точки зрения свидетельствуют следующие факты. Отсутствие заметного перемешивания обломков, их угловатая форма и, что особенно важно, отсутствие тонкопертертого материала обломков, наличие которого в цементе брекчий и в обломках по прихотливым трещинам является характерной чертой взрывов. Отсутствие зональности в распределении обломков по размеру: к периферии взрывных зон размер обломков обычно увеличивается. Грубоовальную форму и значительные горизонтальные размеры тела брекчий также вряд ли можно связывать с воздействием взрыва. В исследованных образцах рудных брекчий не были встречены газово-жидкие включения с повышенной концентрацией хлоридов (особенно NaCl) и пониженными содержаниями Si, HCO₃ и особенно CO₂, что характерно для взрывных брекчий Сорского месторождения [184].

С точки зрения взрывной гипотезы образования рудных брекчий отсутствие заметного перемешивания обломков и их угловатая форма объясняются тем, что при подземных взрывах происходит лишь дробление и «встряхивание» пород без существенного перемещения обломков [74]. По этой же причине трудно ожидать присутствия в брекчиях тонкоперетертого материала, хотя он имеется в брекчиях Северного участка и отчасти Главного.

В случае обрушения, связанного с оттоком магматических масс при становлении гранит-порфиров I, эпицентр брекчий должен располагаться вблизи штока гранит-порфиров. В действительности он находится в северо-западной части брекчиевой зоны, а с приближением к штоку степень брекчирования падает. Резкое тупое выклинивание брекчий Главного участка в северо-западном окончании с узкими длинными ответвлениями (рис. 2) свидетельствует в пользу образования их взрывным способом. Вытянутая овальная форма тела рудных брекчий обусловлена приуроченностью их к линейной трещинной зоне и скорее свидетельствует об эксплозии, чем об обрушении. Судя по тому, что для рудных брекчий присущи высокое содержание флюорита, крупнокристаллические структуры жильных и рудных минералов, заметные масштабы метасоматических замещений кварцем цемента обломков вмещающих пород, обилие пустот и газовой-жидких включений, несмотря на относительно открытый характер контролирующей их зоны повышенной трещиноватости, гидротермальные растворы на этих участках были весьма насыщены летучими компонентами и, как следствие, обладали высокой способностью к взрывным явлениям. Таковые, по-видимому, осуществлялись периодически в связи с резким расширением гидротермальных растворов при подовлении зон повышенной трещиноватости и сами играли активную роль в разработке структуры месторождения. Вероятность высокого насыщения летучими гидротермальных растворов находит подтверждение в современных представлениях об ионно-электронном микрогетерогенном строении магм с ярко выраженными тенденциями к расслоению на фазы, сложенные разнородными суботаксическими комплексами: с одной стороны, бедный рудными и летучими компонентами ионный силикатный расплав, который на Сорском месторождении дал тесно связанные с оруденением гранит-порфиры, а с другой — высококонцентрированная, богатая летучими соединениями атомно-электронная рудная жидкость [152, 227].

Однако авторы, сторонники той и другой точек зрения, не отрицают возможного участия в образовании рудных брекчий Сорского месторождения как явлений обрушения, так и закрытых эксплозий. Обрушения кровли приводили к падению давления и возникновению интенсивного подтока к этим участкам насыщенных летучими гидротермальными растворами с проявлением эксплозий и формированием рудных брекчий.

**З. М. НУРБАЕВ, А. И. ПОЛЕТАЕВ,
В. И. СЫЧЕВ, Б. Е. ВАРНАВСКИХ**

БРЕКЧИЕВЫЕ ТРУБЧАТЫЕ И ДАЙКОВЫЕ ТЕЛА КОКСАЙСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Коксайское рудное поле находится в Южной Джунгарии, в пределах выделяемого Н. А. Афоничевым [7] Балхашско-Илийского вулканического пояса. Южно-Джунгарская ветвь этого пояса состоит из ряда крупных сводовых поднятий и депрессий, разделенных между собой сравнительно узкими зонами дифференциальных блоковых перемещений. В одной из таких зон, носящей местное название Биже-Коксайской зоны разломов и отделяющей Котурканское поднятие от Сарыозекской брахисинклинали, и располагается Коксайское рудное поле. Оно представляет собой сложнорасчлененную на мелкие блоки купольную постройку, центральную часть которой составляет одноименный с рудным полем герцинский интрузивный массив, а по периферии, циркуобразно окружая его, обнажаются осадочные и вулканогенные породы силурийского и каменноугольного возраста, инъецированные многочисленными средне-верхнекаменноугольными экструзиями и субвулканическими интрузиями. Общая купольная структура рудного поля, обрамляемая серией кольцевых и дугообразных разломов, в значительной мере осложнена рядом линейных сбросов и сбросо-сдвигов широтного, северо-западного и северо-восточного направлений.

Коксайский интрузивный массив, располагающийся в центре этой купольной структуры, имеет в плане грушеобразную, несколько вытянутую в широтном направлении форму, его размеры 2,5 x 2,1 км. В разрезе, судя по гравиметрическим данным, он представляет собой асимметричный лакколлит с

сравнительно пологопогружающимся на запад подводящим каналом и взброшенной восточной частью. В строении массива принимают участие магматические породы трех интрузивных фаз: габбро и габбро-диориты начальной фазы; кварцевые диориты, тоналиты, гранодиориты и средне-крупнозернистые плагнограниты основной фазы; гранодиорит- и плагногранит-порфиры дополнительной интрузивной фазы. Кроме того, выделяются четыре разновозрастные серии жильных пород: дайки и неправильные по форме тела аплитов и пегматоидных гранитов, дайки диабазов и диабазовых порфиритов, кварц-роговообманковых и роговообманковых диоритовых порфиритов, наконец, «красных» плагногранит-порфиров. Все эти образования, за исключением некоторых даек, отделены от пород, окружающих интрузив своеобразной зоной брекчирования, выделяемой в дальнейшем под названием зоны краевых брекчий. Эта зона, представленная передробленным материалом вмещающих пород, полностью изолирует массив от пород рамы и контролирует в нем размещение большей части своеобразных трубчатых, силло- и дайковидных брекчиевых тел, рассмотрению которых посвящается настоящая статья. Брекчиевые тела, сложенные главным образом обломочным материалом гранитондного состава, словно ожерелье, обрамляют Коксайский массив по периметру и располагаются либо непосредственно в зоне красных брекчий, либо примыкают к ней со стороны интрузивного эндоконтакта (рис. 1). Подобное положение в рудном поле занимают Западная, Центральная, Жолкалдыкская и Восточная брекчиевые трубки.

З а п а д н а я т р у б к а наиболее детально изучена. К ней приурочено недавно разведанное Коксайское молибденовое месторождение. Она размещается в северном эндоконтакте Коксайского интрузива над локализующимся здесь же сленым штоком гранодиорит- и плагногранит-порфиров дополнительной интрузивной фазы. В плане трубка имеет неправильную, клешнеобразную форму при средних размерах 1100×260 м. С запада, юга и востока вмещающими породами для нее служат гранитонды основной интрузивной фазы, с севера — краевые брекчин. Контакты трубки с гранитондами нечеткие, расплывчатые, а с краевыми брекчиями — резкие, фестончатые. На глубоких горизонтах месторождения трубка пересекает гранодиорит- и плагногранит-порфиры упоминавшегося выше штока и распространяется вдоль его южного контакта до глубины более 1200 м. При этом ее форма в горизонтальном сечении становится линзообразной; одновременно уменьшаются размеры трубки — от 900×250 м

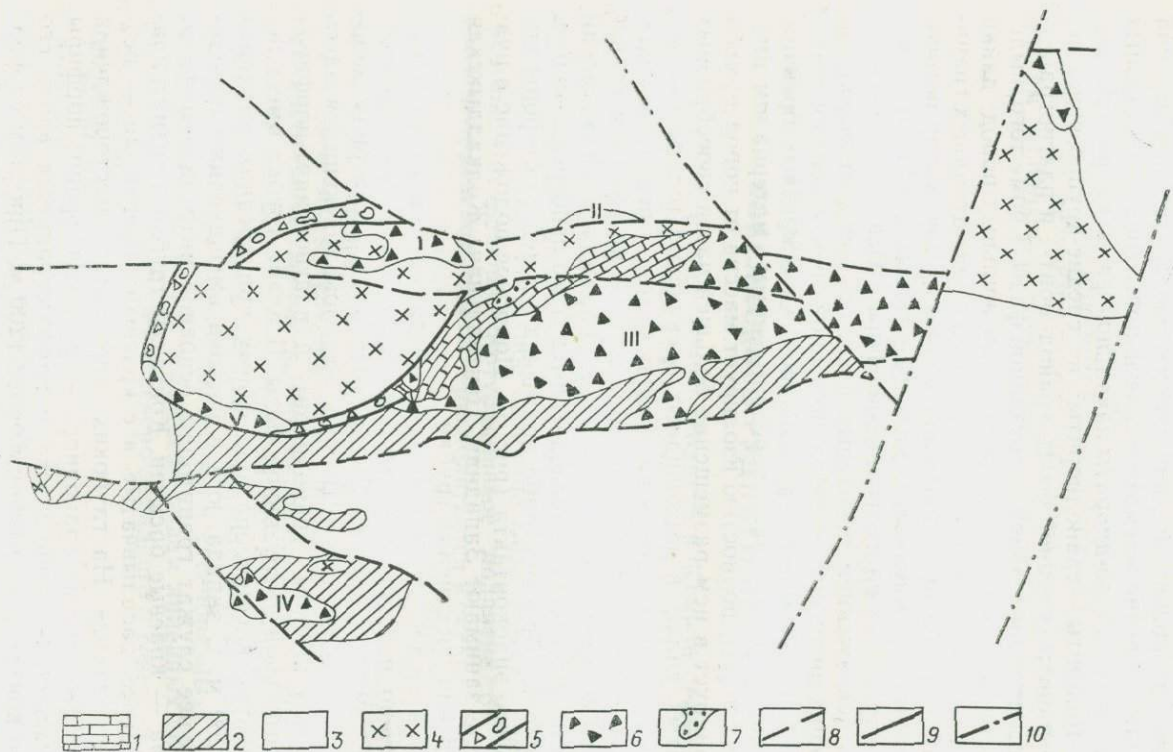
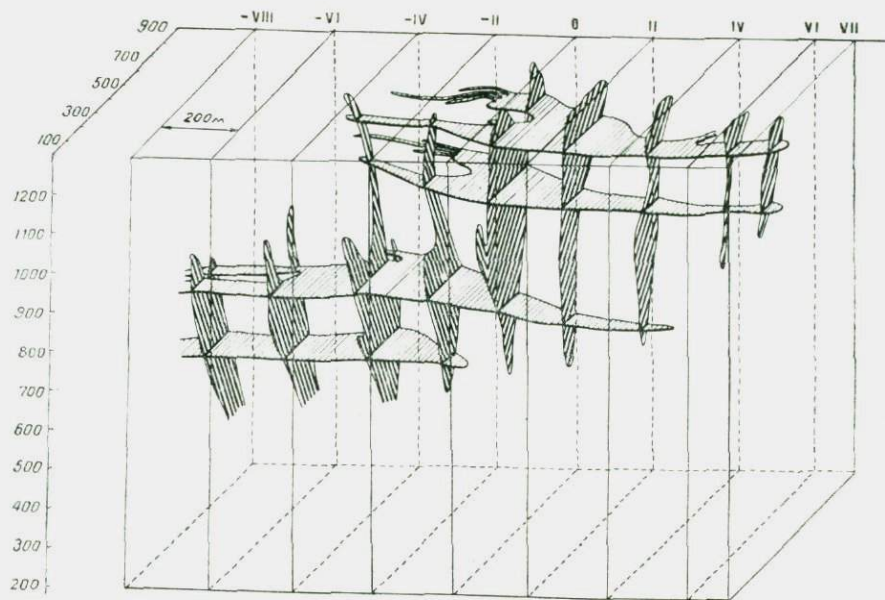


Рис. 1. Схема размещения основных брекчиевых трубчатых и дайковых тел в Кокшетау рудном поле:
 1 — известняки лландовера; 2 — песчано-сланцевые отложения лландовера-венлока; 3 — вулканогенно-осадочные породы каменноугольного возраста; 4 — гранитоиды Кокшетау массива и его сателлиты; 5 — зона краевых брекчий; 6 — трубчатые тела брекчий (I — Западное, II — Восточное, III — Центральное, IV — Кугалинское, V — Жолкалдыкское); 7 — «габбровые» дайки; 8 — широтные и субширотные сбросы и взбросы; 9 — условная граница зоны краевых брекчий; 10 — северо-восточные и северо-западные сбросо-сдвиги.

на глубине 200 м до 400×250 м на глубине 600 м. В целом трубка имеет форму уплощенного и перевернутого вершиной книзу конуса, осложненного многочисленными мелкими апофизами и выступами (рис. 2). Такую же форму имеет рудная залежь, которая, как это видно из сопоставления рис. 2 и 3, почти полностью размещается в пределах Западной брекчневой трубки. Вокруг трубки и непосредственно в ней фиксируется серия даек красных плагногранит-порфиров, кварц-роговообманковых и роговообманковых диоритовых порфиритов, диабазов и диабазовых порфиритов. Дайки плагногранит-порфиров отчетливо секут брекчневые трубки и линейно вытянуты в субширотном направлении. Дайки диоритовых и диабазовых порфиритов имеют с брекчиями двойственное взаимоотношение: некоторые разности брекчий они секут, в других — отмечаются в виде крупных обломков. Большая часть даек сосредоточена за пределами трубки, где они увязываются в единый, обрамляющий трубку пояс. Дайки этого пояса, имея по отношению к оси трубки центриклинальное падение, сходятся в одном фокусе на глубине примерно 1500—1600 м. Эта глубина, по видимому, может рассматриваться как оптимальная глубина распада Коксайской рудно-магматической системы и как нижний предел распространения брекчневой трубки и связанного с ней молибденово-медного оруденения.

Брекчии, слагающие трубки, представляют собой розовато-серые, пятнистые (за счет различной окраски обломков и цементирующей массы) породы, внешне напоминающие крупнообломочные туфы и туфобрекчии. Обломочный материал в них состоит главным образом из гранодиоритов и плагногранитов основной интрузивной фазы (80—90% от общего количества обломков) и гранодиорит-плагногранит-порфиров дополнительной фазы (10—20% обломков). В единичных случаях встречаются обломки пегматитов, аплитов, упоминавшихся выше даек диабазовых и диоритовых порфиритов, а также силурийских известняков, каменноугольных эффузивов и туфов, песчаников, сланцев и микрокварцитов. Форма обломков самая разнообразная: от преобладающей угловатой до реже встречающейся овальной и почти идеально округлой. Размеры их варьируют в широком диапазоне — от едва различимых невооруженным глазом частиц до глыб 1,5—2 м и более в поперечнике. Средний размер обломков 3—7 см в поперечнике. Характерно, что крупные обломки чаще встречаются по краям трубки, мелкие же отмечаются главным образом в ее центре. Четкой зависимости размерности обломков от их состава не устанавливается, но в то же время следует



Р и с. 2. Морфология Западной брекчиевой трубки Коксайского месторождения (блок-диаграмма, составленная по четным разведочным профилям)

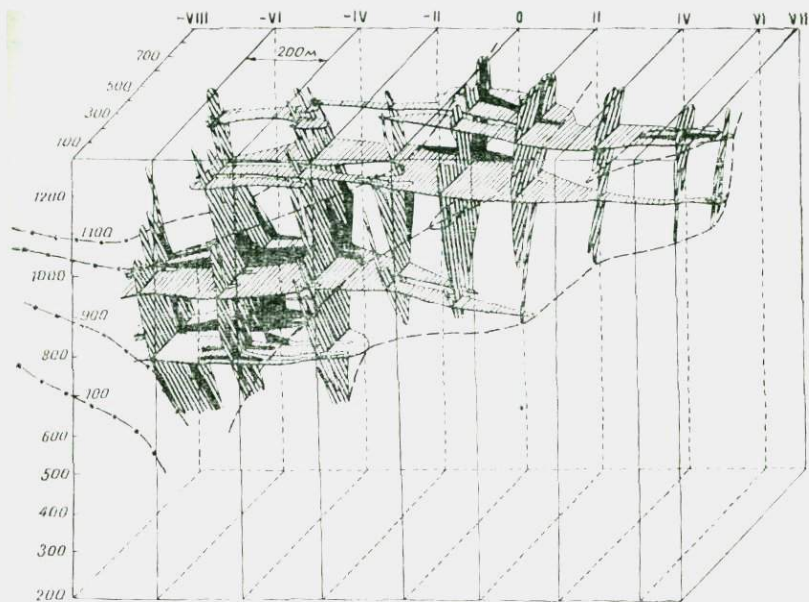


Рис. 3. Морфология рудной залежи Коксаевского месторождения. Штриховкой показаны общие контуры промышленного оруденения, черным цветом -- участки богатых руд (блок-диаграмма, составленная по четным разведочным профилям)

отметить, что обломки вулканогенных и осадочных пород обычно имеют небольшие размеры, редко превышающие 1—2 мм в поперечнике.

Цементирующая масса (матрица) брекчий внешне похожа на неравномернозернистый полимиктовый, а в отдельных случаях туфогенный песчаник. Нередко представляет собой микробрекчию, состоящую из мельчайших обломков тех же пород, что и перечисленные выше крупные обломки, а также из продуктов их дезинтеграции. Эти продукты, представленные осколками и целыми зернами плагиоклаза, кварца, реже роговой обманки, биотита, а иногда и калишпата, в количественном отношении резко преобладают над обломками пород, составляя в среднем 80—90% цементирующей массы. Базисом обломочного материала в матрице служит криптозернистый агрегат кварц-полевошпатового состава. Такой состав цементирующей массы отмечается у разностей брекчий, пе-

поддающихся гидротермальной переработке. В метасоматически-измененных брекчиях, слагающих большую часть описываемой трубки, матрица представлена кварц-серицитовым метасоматическим агрегатом с примесью хлорита и обычно обильной вкрапленностью сульфидов. Процесс метасоматического изменения цемента брекчий проявляется, главным образом, в замещении обломков и кристаллов полевого шпата микрочешуйчатым серицитом и тонко- или криптозернистым кварцем, а темноцветных минералов — хлоритом или мусковитом-серицитом. При этом, в зависимости от интенсивности процесса, происходит частичная или полная перекристаллизация матрицы с образованием микролепидогранобластовой структуры. Подобной перекристаллизации в первую очередь подвергается первичный кварц, который обычно корродируется и частично, по мельчайшим трещинкам, замещается серицитом. В процессе интенсивной метасоматической переработки породы в матрице иногда появляются порфиробласты новообразованного кварца, обнаруживающие черты кристаллобластического роста. Иногда в перекристаллизованной массе сохраняются «островки» неизменной матрицы.

Количественное соотношение в брекчиях крупнообломочного материала и цементирующей массы непостоянное. В большинстве случаев доминирует матрица, но есть разности, в которых она практически отсутствует. В таких случаях брекчии внешне мало отличаются от катаклазированных гранитоидов и диагностика их, если они к тому же еще метасоматически изменены, весьма затруднительна и требует определенного навыка. Чаще всего брекчии с незначительным количеством матрицы встречаются в западной, южной и восточной приконтактных частях рассматриваемой трубки. Границы обломков с цементирующей массой в брекчиях обычно резкие, но иногда отмечаются разности, где обломки как бы растворены в этой массе. В шлифах из таких разностей хорошо наблюдаются все стадии постепенного растаскивания, дезинтеграции и измельчения крупных обломков. Этот процесс протекает в брекчиях следующим образом. От крупного обломка откалываются довольно крупные осколки, которые затем как бы «отжимаются» от границ обломка и отделяются от него более мелкозернистым материалом. Частицы последнего, как правило, простираются своими длинными осями параллельно контурам обломка, а затем группируются в тонкие линейные полосы, протягивающиеся в одном направлении. В породе одновременно появляется сортировка и ориентировка мелкообломочного материа-

ла. Макроскопически в цементирующей массе таких разностей брекчий обычно наблюдается тонкая флюидально-полосчатая текстура, подчеркнутая линейной, реже волнообразно-струйчатой и вихреподобной ориентировкой удлиненных частиц. Подобная текстура иногда улавливается в матрице гидротермально измененных брекчий субпараллельным расположением чешуек серицита.

Несколько особняком стоят брекчин, развивающиеся в северном контакте Западной трубки, где они слагают целую серию ответвляющихся от трубки силло- и дайковидных апофиз. Эти апофизы либо секут краевые брекчин и вмещающие осадочно-вулканогенные породы, либо залегают согласно с ними. Секущие апофизы имеют незначительную мощность (0,2–0,5 м) и состоят в основном из песчановидной матрицы, содержащей редкие обломки вмещающих пород, у согласных апофиз мощность колеблется от 0,5 до 1,0 м, а в составе обломков в значительном количестве присутствуют яйцевидная и шаровидная «галька» гранитоидов, песчаников, углесто-глинистых сланцев, известняков, кварцитов, порфиритов, ицимбритов и прочих пород из вмещающих толщ (рис. 4). Размер гальки варьирует от долей до 20–30 см в диаметре, составляя в среднем 3–5 см. Цементирующая масса таких брекчий, названных нами вслед за Л. Бришером галечниковыми дайками, по своему составу в общем аналогична матрице обычных брекчий. В единичных случаях она несет густую вкрапленность поздних сульфидов.

В предшествующих исследованиях такие галечниковые дайки часто принимались за базальные конгломераты нижнего силура и по ним ошибочно определялся досилурийский возраст Коксайской интрузии и связанного с ней оруденения. Основывались эти выводы главным образом на изучении обнажений одной из подобных даек в западном борту ручья Коксай, на юго-восточном фланге месторождения. Специально проведенное нами на этом участке детальное картирование показало, что эта дайка размещается непосредственно на контакте интрузива с лландоверскими известняками и круто падает под известняки. Благодаря такому падению и своеобразному конгломератовидному облику дайка была принята за базальный горизонт силурийской толщи, а контакт разделяемых ею гранитоидов и известняков был интерпретирован как нормально стратиграфический. Ошибочность подобного представления легко устанавливается при более внимательном изучении состава галек и выяснении характера контактов с вмещающими породами. Среди галек даже макроскопически

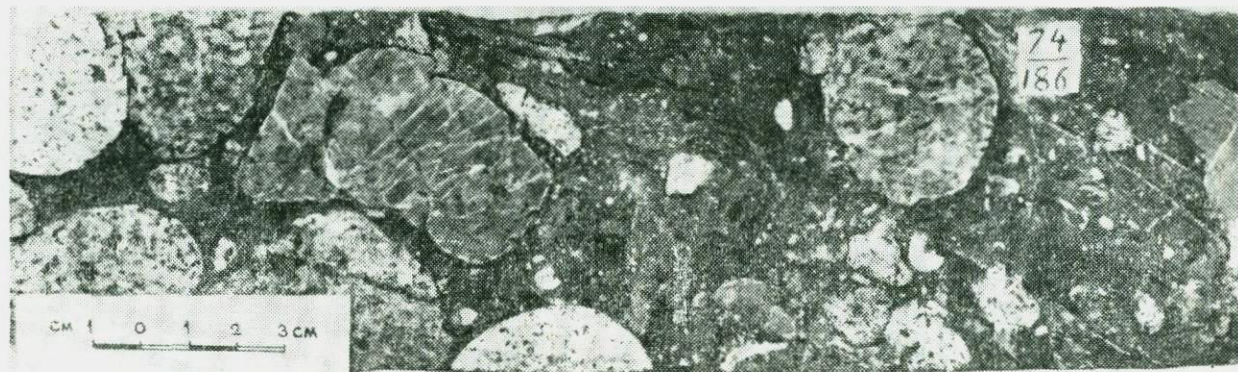
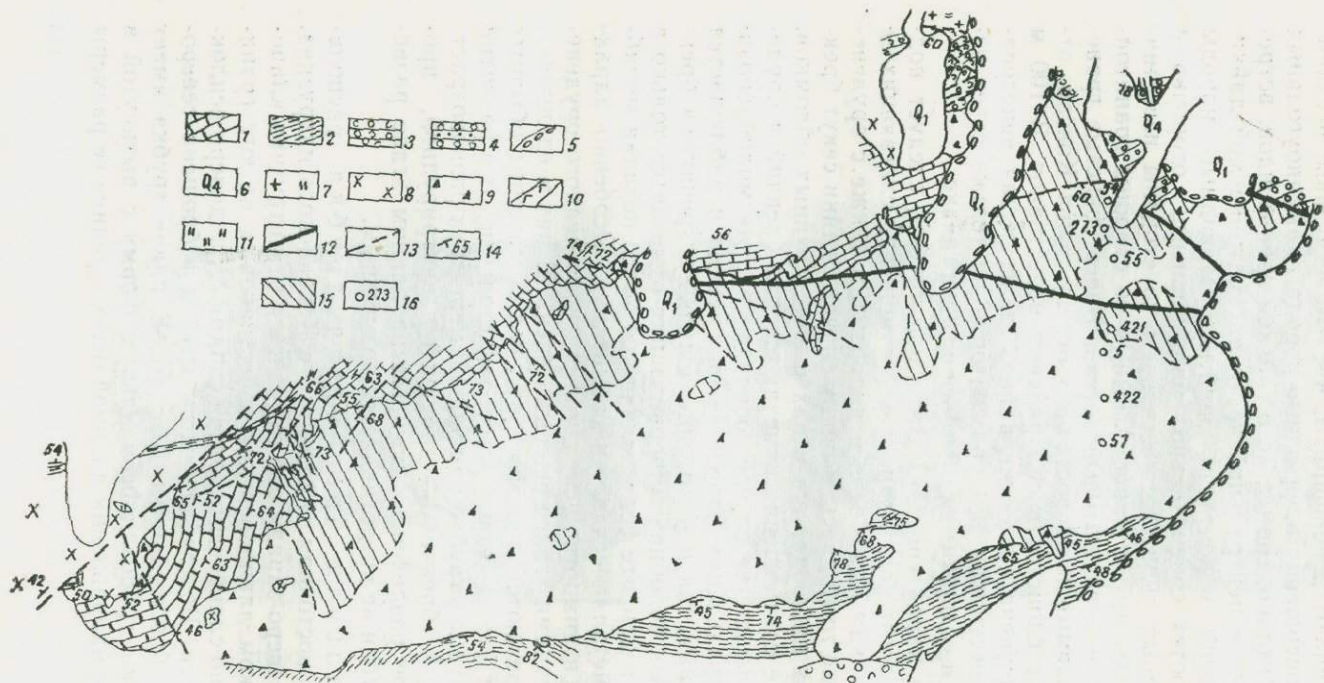


Рис. 4. «Галечниковая» дайка. Окатанные обломки гранодиоритов и гранодиорит-порфиров сцементированы песчаниковидной матрицей, состоящей из микрообломочков тех же пород и кристаллокластов плагиоклаза и кварца (Штуф; скв. 74, глубина 186 м)

хорошо различаются порфириды, кислые эффузивы, песчаники и туфы, совершенно идентичные породам каменноугольных толщ. Такие гальки, совместно с галькой гранитоидов, встречаются только в центральной части рассматриваемой дайки. Непосредственно у контакта конгломератовидные породы дайки сменяются сравнительно маломощными оторочками гравелитовидных образований, причем со стороны известняков эти породы имеют карбонатный, а со стороны гранитоидов — кварц-полевошпатовый состав. Известковистые гравелиты, встречаемые и на восточном берегу ручья Коксай, отчетливо секут слоистость силурийских известняков. В 100 м южнее обнаружена такая же дайка, залегающая непосредственно в известняках силура, которая не только сечет известняки, но и содержит их обломки в своей гальке.

Завершая характеристику Западной трубки, следует подчеркнуть неоднозначный характер соотношения слагающих ее брекчий с дайками диабазов и диоритов, а также с оруденением. Как уже говорилось, в одних случаях дайки секут брекчии, в других наблюдаются в них в виде крупных обломков. Подобные же соотношения отмечаются для брекчий и оруденения. В большинстве случаев основная рудная молибденово-медная минерализация наложена на брекчии и наблюдается как в обломках, так и в матрице. Однако встречаются брекчии, в которых подобная минерализация отмечается только в обломках, а в цементе устанавливается более поздняя молибденово-полиметаллическая минерализация. Особенно характерны такие взаимоотношения молибденово-медного оруденения с брекчиями галечниковых даек. В них в единичных случаях встречаются обломки оруденелой матрицы обычных брекчий. Эти факты, скорее всего, свидетельствуют о развитии в характеризуемой трубке по крайней мере двух разновозрастных генераций брекчий — дорудной и внутрирудной, пространственное разделение которых на данном этапе разведанности трубки не представляется возможным.

Центральная брекчневая трубка располагается в юго-восточном эндоконтакте Коксайского интрузива. С севера и северо-запада она отделяется от интрузива клиновидным блоком лландоверских известняков, а на юге граничит с песчано-сланцевыми отложениями лландовери-венлокского возраста. Восточная часть трубки взброшена северо-восточным сбросо-сдвигом (рис. 5). В плане трубка имеет неправильную грубоэллипсоидальную форму с вытянутой в субширотном направлении длинной осью. Средние ее размеры



Р и с. 5. Геологическая карта Центральной брекчиевой трубки:

1 — лландоверские известняки; 2 — лландовер-венлокские песчано-сланцевые отложения; 3 — нижнекаменноугольные туфы, туфобрекчии и туфоагломераты; 4 — среднекаменноугольные конгломераты и песчаники; 5 — нижнечетвертичные верхнегобийские конгломераты; 6 — современные суглинки, супеси и галечники; 7 — нижнекаменноугольные субвулканические тела; 8 — гранодиориты и плагииграниты Коксайского интрузива; 9 — брекчии; 10 — дайки габбро-диоритов; 11 — зоны окварцевания; 12 — субширотные сбросы и взбросы; 13 — второстепенные тектонические нарушения; 14 — элементы залегания; 15 — оруденелая зона трубки; 16 — буровые скважины

на дневной поверхности $2,5 \times 0,6$ км. На глубину трубка практически не изучена. Предполагается, что она в разрезе имеет форму асимметричной воронки, причем носовая часть этой воронки, скорее всего, смещена в сторону северного контакта. По пробуренным единичным скважинам есть основание полагать, что трубка полого погружается под известняки и сочленяются непосредственно с гранитоидами Коксайского интрузива. Контакты трубки с вмещающими ее породами повсюду инъекционные и неровные; от основного тела трубки во вмещающие породы довольно часто ответвляются жиловидные апофизы мощностью от первых до 20—30 см при длине по простиранию до 100—150 м. На южном контакте трубки такие апофизы обычно залегают согласно со слоистостью песчано-сланцевой толщи лландовери-венлока, но наряду с этим отмечаются случаи, когда апофизы секут их слоистость.

Брекчии рассматриваемой трубки по существу не отличаются от брекчий Западной трубки и имеют в целом такой же состав обломков и цементирующей массы. Главное, что их несколько различает, это повышенное количество обломков известняков в северной эндоконтактной части Центральной трубки. Размер таких обломков обычно составляет 5—10 см в поперечнике, но иногда присутствуют громадные глыбы размером до 100×15 м. В подобных глыбах, так же как и во вмещающих трубку породах, в обилие устанавливаются жиллообразные апофизы мелкообломочного брекчиевого материала. Иногда среди брекчий Центральной трубки отмечаются участки, сложенные практически лишь одной матрицей. Такие участки распределены в трубке без всякой системы и имеют размеры в поперечнике не больше 10—15 м. В подобных участках обычно фиксируется грубая полосчатость, похожая на полосчатость, описанную для брекчий Западной трубки. Существенно отличаются брекчии рассматриваемой трубки от Западной лишь значительно меньшей степенью гидротермальной переработки. Гидротермально измененные брекчии встречаются здесь только на отдельных участках, сосредоточенных в основном вдоль северного ее контакта. Вдоль этого же контакта в трубке устанавливается рудная минерализация, которая в плане образует вытянутую в субширотном направлении полосу длиной около 2 км при ширине от 150 до 300 м. На дневной поверхности в полосе наблюдаются главным образом вторичные минералы меди — малахит, хризокolla, реже азурит и куприт. В одиночных неглубоких скважинах, пройденных в этой полосе, встречены бедные сульфидные ру-

ды, содержащие прожилки и вкрапленность пирита, халькопирита, халькозина, молибденита и в единичных случаях сфалерита и галенита. Промышленное оруденение в характеризуемой трубке встречено пока лишь на северо-восточном ее фланге (скв. 273). Здесь, кстати, скважинами под брекчиями вскрываются такие же гранодиорит- и плагногранит-порфиры, как и в «слепом» интрузивном штоке, сменяющем с глубиной Западную трубку. Центральная трубка, как и прежде, выдвигается нами в качестве одной из наиболее благоприятных рудоконтролирующих структур рудного поля, успехи поисков промышленного оруденения в которой всецело зависят от установления ее морфологии и последующего целенаправленного бурения глубинных скважин.

Восточная трубка размещается в северо-восточной части Коксайского массива и отделена от него широтным блоком лландоверских известняков. В плане она имеет линзообразную форму, ее размеры 220×80 м. На западе, севере и востоке трубка контактирует с нижнекаменноугольными агломератовыми туфами андезит-дацитового и андезитового состава, на юге — с лландоверскими известняками. Ее контакты с указанными породами четкие, интрузивные. Брекчии здесь совершенно идентичны таковым Центральной трубки и так же содержат повышенное количество обломков известняков, а в северной части — обломков каменноугольных агломератовых туфов. На поверхности в пределах трубки устанавливается убогая прожилково-вкрапленная медная минерализация. Чаще всего она отмечается в кальцитовых и кварц-кальцитовых прожилках. На глубину трубка не изучена. Однако вертикальный диапазон ее распространения, скорее всего, невелик и, вероятно, ограничивается примыкающим к ней с северного фланга Коксайским субширотным разломом.

Жолкалдыкская трубка располагается в западном контакте Коксайского массива и локализуется непосредственно в зоне краевых брекчий. Термин трубка к ней применен несколько условно. Здесь на участке длиной 800 м и шириной 100—150 м краевые брекчии, представленные главным образом крупными блоками силурийских осадков, густо инъецированы переплетающимися между собой жиллообразными апофизами того же состава, что и описанные выше силловые и дайковые апофизы Западной трубки. Эти апофизы мощностью от первых сантиметров до десятка метров сложены микробрекчиевым материалом гранитоидного состава, содержащим редкие, но довольно крупные угловатые, реже

окатанные обломки гранитоидов, плагиогранитов, гранодиорит- и плагиогранит-порфиров основной и дополнительной интрузивных фаз Коксайского интрузива, а также обломки силурийских известняков и сланцев, нижнекаменноугольных туфопесчаников и туфов. Апофизы с округлой галькой названных пород (галечниковые дайки) встречаются в южной и западной частях трубки, обрамляя ее по контакту с вмещающими породами. Заключенные внутри трубки блоки силурийских осадочных пород имеют размеры до нескольких десятков метров в поперечнике и нередко содержат прослойки с многочисленной фауной лландоверских брахиопод и кораллов. Осколки этой фауны иногда отмечаются и в обломках брекчиевых апофиз, что воспринимается некоторыми геологами как прямое указание на осадочное происхождение этих пород. В центральной части трубка разбита серией мелких субмеридиональных тектонических трещин, к которым приурочены маломощные карбонатные прожилки с халькопиритом и пиритом. Редкая рассеянная вкрапленность халькопирита отмечается и в габбро-диоритах, контактирующих с трубкой на севере. В целом эта трубка отличается от всех ранее рассмотренных тем, что в обломочном материале брекчиевых апофиз иногда присутствуют обломки даек красных плагиогранит-порфиров, которые, в свою очередь, секут брекчии рудовмещающей Западной трубки.

До сих пор мы рассматривали брекчиевые трубки, локализующиеся в контактовой зоне Коксайского массива. В то же время в рудном поле известна еще одна брекчиевая трубка, располагающаяся вне пределов упомянутой зоны. Эта трубка, названная нами Кугалинской, находится в 1,5 км к югу от Коксайского интрузива, в блоке песчано-сланцевых пород силура. На дневной поверхности она образует неправильное тело со средними размерами 700×300 м. Длинная ось этого тела вытянута в северо-западном направлении. Контакты трубки с вмещающими породами неровные. По южному контакту развиты монокварциты. Примерно в 130—150 м к северо-востоку от трубки обнажается небольшой штوك кварцевых диоритов. В самой трубке скважинами вскрыты секущие ее дайки диабазовых порфиритов. Брекчии этой трубки существенно отличаются от брекчий всех остальных трубок как составом цементирующей массы, так и составом обломочного материала. Обломки остроугольной формы размерами от долей до 10 см, в основном, представлены алевритами, песчаниками, глинисто-кремнистыми сланцами и аргиллита-

ми силура. В единичных случаях встречаются обломки кварцевых диоритов, гранодиорит-порфиров и даек диабазов и диоритовых порфиритов. Обломки названных интрузивных пород имеют изометричную форму и размеры от 0,5 мм до 0,5 см. Цементирующая масса более мелкозернистая, чем в остальных трубках, и состоит из осколков и угловатых обломков кислого плагиоклаза (№ 15—20) и кварца, погруженных в тонко- и криптокристаллический кварц-полевошпат-серицитовый базис. Иногда роль цемента играют жильные минералы с вкрапленностью и гнездами сульфидов. Количественное соотношение цемента и обломков сравнительно выдержанное: всегда преобладают обломки. Гидротермальные изменения брекчий в Кугалинской трубке менее значительны, чем в Западной, но более заметны, чем во всех других трубках. Наиболее интенсивно проявлен процесс окварцевания, менее значительны серицитизация и хлоритизация. С поверхности участками отмечается гипергенная каолинизация. Медная минерализация встречается как в обломках брекчий, так и в цементе. Наибольшие ее концентрации наблюдаются в краевых частях трубки, местами распространяясь и во вмещающие породы. Должная оценка рудоносности рассматриваемой трубки не произведена. Пробуренные в ней три скважины глубиной до 100 м промышленных руд не обнаружили. Однако присутствие в обломочном материале брекчий гранитоидов является свидетельством того, что на глубоких горизонтах под брекчиевой трубкой имеется скрытый интрузив. Область сочленения брекчиевой трубки с корневым интрузивом в определенном диапазоне по вертикали может оказать продуктивной в отношении промышленного оруденения.

Брекчиевые образования, аналогичные коксайским, широко известны на рудных полях многих промышленно-генетических типов эндогенных месторождений и повсюду обнаруживают тесную пространственно-временную связь с оруденением. Подобные брекчии особенно характерны для месторождений, ассоциирующих с гипабиссальными и близповерхностными интрузивами. В отношении их генезиса и механизма образования существует целый ряд гипотез [34, 47, 74], среди которых наиболее популярны: минерализационного обрушения А. Локка [А. Locke, 1926], закрытых эксплозий П. Ф. Иванкина [74] и флюидизации Д. Л. Рейнольдса (D. L. Reynolds [262]). Каждая из этих гипотез удовлетворительно объясняет те или иные наблюдаемые особенности брекчиевых тел (морфологию, взаимоотношения с вмещающими породами, тектониче-

скими структурами и материнскими интрузивами, состав и внутреннее строение и т. д.), но ни одна из них не объясняет причины возникновения свободного пространства, необходимого для размещения огромных масс разрыхленных пород. Привлекаемые для объяснения в этих случаях гипотезы флюидизации, контрозксиплозии (Rust, 1937) и «шелушения пород» [40] если и имеют место, то не в таких значительных масштабах, чтобы привести к формированию огромных (несколько квадратных километров в сечении) брекчиевых трубок.

Учитывая это обстоятельство, нами для объяснения формирования брекчий Коксая предлагается новая флюидно-контракционная гипотеза. В ней механизм брекчиеобразования рассматривается как полигенный, состоящий из двух последовательно сменяющихся процессов: 1) начального обрушения усадочных раковин * Коксайского интрузива, возникающих при объемном сокращении магматического расплава при застывании; 2) переноса образующегося при обрушении обломочного материала газовыми потоками-струями, т. е. процесса флюидизации, механизм которого рассмотрен в работе Д. Л. Рейнольдс [262].

Оба этих процесса связываются с остыванием магматических расплавов в приповерхностной зоне Земли, где существуют резко отличные от областей зарождения магм термодинамические условия. Течение этих процессов зависит от ряда условий и, в первую очередь, от температуры магматического расплава при внедрении, от температуры вмещающей его среды, от объема и теплопроводности расплава, от теплопроводности вмещающих пород, от формы магматической камеры, от соотношения площади поверхности расплава и его объема, от характера теплообмена и т. д. Сам механизм протекания этих процессов схематически может быть представлен в следующем виде. При внедрении в гипабиссальную область магматический расплав, закристаллизовавшийся впоследствии в гранитоиды основной интрузивной фазы **, при теплообмене с вмещающими породами сразу же подвергся значительному охлаждению, которое сопровождалось объемной усадкой расплава. Последнее явление повлекло за собой

* Здесь и дальше употребляется терминология металлургов, заимствованная нами из работы Ю. А. Нехенди [142].

** Габброидами ранней фазы из-за их незначительного развития в рудном поле в данном рассуждении пренебрегается.

проседание и частичное дробление кровли, что привело в конечном счете к началу формирования по обрамлению массива зоны краевых брекчий. Подобная усадка массива и сопровождавший ее процесс просадки пород кровли, очевидно, продолжались до полного застывания расплава и приобретения магматическими породами температур, равных температурам окружающей среды.

Для нас важен момент, когда началась кристаллизация расплава. С этого момента происходит разделение магматической колонны на три зоны: апикальную твердую, промежуточную (порфировую), содержащую твердые фенокристы и жидкий расплав, и глубинную жидкостную. Одновременно с этим в эндоконтактной зоне массива, между твердой коркой и остывающим расплавом, вследствие неоднозначного объемного сокращения твердой породы и расплава, появлялись полости или, как называют их металлурги, внутренние усадочные раковины. Подобные полости, в связи с последовательным остыванием расплава от границ камеры к центру, образовывались неоднократно и располагались одна под другой. В какой-то момент под давлением вышележащих пород и все увеличивающейся в объеме твердой корки в эти полости, а также в оперяющие их «горячие трещины» внедрилась еще жидкостная магма из центральной части камеры. Эта магма, скорее всего представлявшая собой своеобразную кашу из жидкого расплава и появившихся кристаллов плагиоклаза, кварца, биотита и в меньшем количестве роговой обманки, привела к образованию на Коксае дополнительных штоков гранодиорит- и плагиогранит-порфиров. Ее кристаллизация сопровождалась новой объемной усадкой и формированием новых усадочных раковин. Такие раковины, как это известно из практики металлургов («Атлас литейных пороков», т. I—II, 1957—1958), склонны к этажному расположению. По-видимому, такое расположение рассматриваемых раковин имело место и в Коксайском интрузиве. Причем каждая более глубоко расположенная раковина была значительно меньше по объему и формировалась позднее, чем вышерасположенная. С начала своего становления раковины играли роль своеобразных вакуумов-насосов, к которым стягивались летучие компоненты из окружающих пород.

Благодаря потоку летучих в камерах-полостях создавалось определенное давление, препятствующее на первых порах их

обрушению. Такое давление поддерживалось до определенного времени, когда в процессе дальнейшего остывания массива, сопровождавшегося формированием трещин контракции, не происходила дегерметизация камеры, после чего начиналось ее обрушение. Подобный процесс, скорее всего, распространялся постепенно от прикровельных камер к более глубинным. Газообразные продукты, высвобождающиеся при дегерметизации более глубоких камер, в первую очередь устремлялись в области пониженных давлений, каковыми являлись обрушившиеся камеры, и, обладая повышенными скоростями течения, проводили здесь абразию и дезинтеграцию материала. При наличии сообщающихся с обрушенными камерами открытых трещин газы совместно с увлекаемым ими мелкообломочным материалом проникали туда, образуя тем самым галечниковые дайки и силлы.

Летучие в обрушившихся камерах не только производили механическое перемещение и обработку обломочного материала, но и вступали с ним в химические реакции, приводившие к метасоматическому преобразованию пород и отложению в них рассеянной вкрапленной рудной минерализации. С дегерметизацией камер и резким падением давления, очевидно, связана частичная конденсация летучих и образование гидротермальных растворов. Эти растворы также устремлялись в массу хорошо проницаемых обрушившихся пород и приводили их к метасоматическому изменению и оруденению. Подобные процессы протекали неоднократно и возобновлялись с затухающей интенсивностью при дегерметизации более глубоко расположенных камер. Только этим, очевидно, и можно объяснить появление разновозрастных генераций брекчий и неоднозначное их взаимоотношение с дайками и оруденением.

Рассмотренный механизм брекчеобразования легко может быть подтвержден конкретными расчетами, но для этого необходимо знать форму вмещающего плутона, объем и морфологию брекчевых тел и ряд других параметров, сведения о которых для Коксайского рудного поля, к сожалению, пока отсутствуют. Тем не менее предлагаемый механизм, хотя и в форме качественной модели, объясняет все особенности развитых здесь брекчий и, главное, их закономерную связь с оруденением. С позиций предложенной гипотезы брекчии следует рассматривать как один из важнейших руднопоисковых признаков.

ЭРУПТИВНЫЕ БРЕКЧИИ КЕНЬКУДУКСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

(Северное Прибалхашье)

Геологическое строение своеобразных брекчиевых тел, генетически связанных как с интрузивным магматизмом, так и с постмагматической гидротермальной деятельностью, освещено во многих работах [34, 47, 58, 74, 163, 172]. Они широко распространены на рудных месторождениях различных типов, причем с брекчиевыми телами нередко пространственно связаны крупнейшие месторождения вкрапленных руд меди [163] и других полезных ископаемых [89, 130, 156]. Эруптивные брекчии (иногда называемые эксплозивными) являются характерной чертой медно-порфировых месторождений Прибалхашья [148, 150, 172]. Изучение взаимоотношений этих брекчий с породами и рудами дает дополнительную информацию для суждения о генезисе месторождений прожилково-вкрапленного типа.

При исследовании Кенькудук-Каскырказганского рудного поля, геологическое строение которого освещено в работе [37], авторами и М. Е. Федосеевой в керне скважин впервые были встречены зоны эруптивных брекчий, причем наиболее многочисленные подсечения обнаружены на месторождении Кенькудук, которое приурочено к восточной части интрузивного ядра Кенькудукского сложного ступенчатого горста, ограничивающегося с юго-востока Южно-Кенькудукским, а с северо-запада — Северо-Кенькудукским глубинными разломами. На этом месторождении брекчии проявлены на Южном и Юго-Восточном участках. На данной стадии изученности месторождения решить достоверно вопрос о форме и размерах брекчиевых образований не представляется возможным. Предварительно, по данным девяти скважин, можно считать, что это крутозалегающие трубо-, линзо- и жиллообразные тела размером до 400×400 м с многочисленными апофизами, залегающие в зонах повышенной трещиноватости в гранитоидах и их приконтактных частях. В самих брекчиевых телах иногда встречаются секущие дайки диоритовых порфиритов более молодого возраста. Наблюдаемые взаимоотношения между эруптивными брекчиями и гранитоидами однозначно

свидетельствуют о несколько более молодом возрасте первых. Участки развития эруптивных брекчий тяготеют к плагногранитам, которые контролируют медно-молибденовое оруденение. Вскрытые скважинами тела, по-видимому, являются апофизами сложнопостроенного гипабиссального штока гранит-порфиров, вскрытого эрозией на месторождении Каскырказган. Южное брекчиевое тело затухает по восстанию в плагногранитах ниже-среднекаменноугольного возраста в 25 м от дневной поверхности, прослеживаясь на глубину 170 м. Оно представляет собой изометричное в плане тело размером 100×150 м. Юго-восточное брекчиевое тело имеет более сложное строение. Это довольно мощное трубообразное, ветвящееся сверху, с многочисленными протуберанцами и апофизами тело размером 400×400 м и глубоко уходящим корнем (более чем на 300 м). На поверхности оно фиксируется тремя выходами изометричной формы с размерами в поперечнике от 60 до 100 м. Апофизы имеют длину 50—100 м при мощности 5—20 м. В одном из разведочных профилей по данным скважин насчитывается восемь апофиз, отходящих от основного брекчиевого тела. Все они затухают в плагногранитах ниже-среднекаменноугольного возраста (рис. 1).

Брекчии представляют собой плотную грубо- и мелкообломочную породу с различным соотношением обломков и цемента. Количество первых достигает 60—80%. Обломки размером от долей миллиметров до 3—5 см имеют остроугольную и овальную формы и состоят из гранита, плагногранита, гранит-порфира, алевролита и диорита. Цемент брекчий темно-серого и серого цвета. Он состоит из тонкообломочного материала, по составу соответствующего материалу крупных обломков, иногда со стекловатым или крипто-кристаллическим базисом, в котором включены мелкие обломки кристаллов полевых шпатов и кварца размером 1—2 мм. На этом фоне выделяются более крупные обломки вмещающих пород различного состава. Контакты их с цементом резкие. Во внутренних частях брекчиевых тел по сравнению с приконтактной зоной в более тонкообломочном цементе заметно возрастает степень вторичных гидротермальных изменений. Внешний облик брекчий изменяется в зависимости от соотношения цемента и обломочного материала. Последний по составу представлен преимущественно вмещающими гранитоидами. Поэтому брекчии с незначительным количеством цемента выглядят как катаклазированные интрузивные породы и только в приполированных штуфах отчетливо видна их брекчиевая текстура.

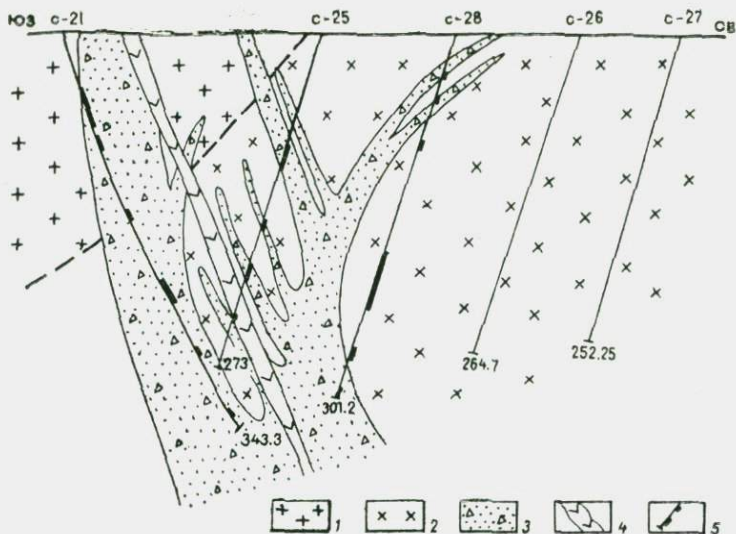


Рис. 1. Геологический разрез месторождения Кенькудук
(по М. А. Васильеву):

1 — граниты крупнозернистые; 2 — плагнограниты; 3 — эруптивная брекчия; 4 — дайка диоритового порфирита; 5 — рудные интервалы с содержанием меди более 0,2%

Строение породы, взаимоотношение отдельных минералов, обломков и основной массы, а также наличие гидротермального изменения позволяет говорить о сложном процессе формирования породы с неоднократным (по меньшей мере двукратным) проявлением эксплозии. В этом случае по залеченным разломам вновь происходили малоамплитудные перемещения с образованием тектонических брекчий [58]. В обломки, наряду с боковыми породами, попадала и эруптивная брекчия. В представленных вмещающими интрузивными породами обломках встречаются вкрапленники и прожилки халькопирита, пирита и молибденита, которые секут и цемент брекчий. Из минеральных включений в цементе присутствует значительное количество крупных идиоморфных, а нередко осколчатых и оплавленных зерен кварца, плагиноклаза, калишпата, реже биотита. Брекчирование связано, очевидно, со вскипанием высокотемпературных флюидов, отделявшихся от неглубоко залегающих очагов еще до кристаллизации расплава, а также с явлениями парообразования вадозных вод, проникавших в область глубинных тепловых потоков.

По времени возникновения эруптивные брекчии тесно связаны с гидротермальным оруденением второго этапа, так как наряду с наличием в цементе брекчий вкрапленников халькопирита наблюдаются его прожилки в обломках пород. Следовательно, на месторождении Кенькудук они являются внутрирудными.

Оценка температур эксплозивного брекчирования проводилась некоторыми авторами [187] по результатам гомогенизации газожидких включений в кристаллах апатита, образовавшегося в процессе брекчирования. Они приходят к выводу о довольно высокой температуре, при которой в обстановке благоприятной обводненности, повышенной роли летучих компонентов и активном тепловом потоке могли создаваться условия для локального плавления окружающих пород (особенно цементирующего материала брекчий). Об этом же свидетельствует широко развитый на месторождении процесс биотитизации, приуроченный главным образом к Юго-Восточному брекчиевому телу.

Механизм образования брекчиевых тел рассматривался многими исследователями [27, 47, 74, 131], которые их происхождение объясняют приповерхностными взрывами газов и многократной пульсацией магматического источника. На определенном уровне подводящего канала, когда сопротивление вышележащих пород становится меньше парциального давления газов, в верхней части магматической колонны происходит взрыв. В результате взрыва образуется эруптивная брекчия, состоящая из раздробленного вещества вмещающих пород и магматического материала. Кроме того, формирование брекчий, состоящих преимущественно из угловатых обломков гранитоидов, возможно, было обусловлено обрушением в результате оттока магматических масс при становлении тела плагногранитов или гранит-порфиров (гипотеза Локка). Подобный механизм более приемлем к формированию Южно-брекчиевого тела.

Таким образом, обнаруженные на Кенькудукском месторождении эруптивные брекчии возникли на завершающих этапах развития многостадийного интрузивного процесса и являются внутрирудными. Эруптивные брекчии служат рудовмещающими и рудоконтролирующими структурами, и наличие подобных брекчиевых тел следует рассматривать как один из важнейших прямых поисковых признаков на медно-молибденовое оруденение.

РУДОНОСНЫЕ ЭКСПЛОЗИВНЫЕ БРЕКЧИИ НА КОЛЧЕДАНЫХ И ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Постановка вопроса

На многих рудных полях колчеданных и полиметаллических месторождений Рудного Алтая, Урала, Кавказа, Казахстана, Средней Азии, Забайкалья, Салаира и других районов развиты своеобразные брекчии, отличные от типичных обломочных пород вулканического и тектонического происхождения. Они давно привлекают внимание исследователей не только как специфические горные породы, изучение которых проливает свет на важные геологические процессы, происходившие во время их формирования, но и как ценный поисковый признак, поскольку во многих случаях с ними ассоциирует сульфидное оруденение. В последние годы интерес исследователей к этим брекчиям резко повысился, о чем свидетельствует большое количество посвященных им публикаций.

В полиметаллических провинциях одним из первых обратил на них внимание Н. А. Елисеев, который еще в 1935 г. выделил и описал брекчиевые породы горы Чесноковой под названием «кварцево-кератофировой автобрекчии», происхождение которых он связывал с деятельностью постмагматических растворов [63]. В 1950—1960 гг. в связи с проблемой изучения магматических комплексов Рудного и Южного Алтая, генезиса и систематики ассоциирующего с ними полиметаллического оруденения брекчиевые образования обстоятельно изучались в Прииртышье К. Г. Богдановой [25], П. Г. Ведерниковым [38], М. С. Шнайдером, М. П. Астафьевым [229], В. С. Кузевым и др. [113]; в Лениногорском и Зырянско-Бухтарминском районах М. В. Ташининой, Б. Л. Чепрасовым [193], П. В. Иншиным, В. М. Иншиной [85, 86], Д. Г. Ажгиреем [2]; в Южном Алтае Д. П. Авровым [1] и З. М. Нурбаевым [147]. В итоге рудноалтайские брекчии оказались изученными лучше, чем в других колчеданно-полиметаллических провинциях. Основываясь на результатах этих исследований, П. Ф. Иванкин показал место и значение эксплозивных брекчий в ходе развития рудно-магматической системы [73, 74], а затем предложил гидротермально-эксплозивную гипотезу их происхождения [74]. Вопросы генезиса и систематики магма-

тогенных брекчий Рудного Алтая рассмотрены в работе В. С. Кузебного, П. В. Иншина и др. [113].

Специфические брекчие- и конгломератовидные породы, тесно ассоциируемые с оруденением, а в ряде случаев содержащие обломки и обособления сульфидных руд, широко известны на Баянском, Сибайском, Учалинском, им. XIX партсъезда, Александровском, Гайском и других медно-колчеданных месторождениях Урала. Они издавна находятся в центре внимания в связи с дискуссией о генезисе и возрасте уральских колчеданных руд. В последние годы появился ряд работ, в которых на основании специальных исследований показано, что уральские рудоносные брекчии, так же как и рудноалтайские, представляют собой взрывные образования, связанные с заключительными этапами деятельности магматического очага, породившего кислые дифференциаты и газожидкие флюиды [17, 18, 19, 31, 176, 233, 234]. Взрывные брекчии, аналогичные рудноалтайским и уральским, известны также на Худесском медно-колчеданном месторождении Северного Кавказа [24], Акбастау-Кусмурунском рудном поле в Чингизе [90] и полиметаллических месторождениях Забайкалья [92, 115, 116]. Подобные брекчии отмечены на Садоне [94], Тетюхе, а также на Акжальском [161], Жайремском [58], Текелийском [10], Карагайлинском, Алайгырском, Каратауском и других полиметаллических месторождениях Центрального и Южного Казахстана. Наиболее характерными примерами подобного рода за рубежом являются такие крупные месторождения, как Стандрг (Югославия), Серро де Паско (Перу) и Маунт-Айза (Австралия), где богатые колчеданно-полиметаллические залежи представляют собой брекчиевые трубки или ассоциируют с ними [49]. Общеизвестны галечниковые дайки, тесно связанные с рудными телами свинцово-цинковых месторождений округа Тинтик в США [119]. Упоминания о рудоносных брекчиях имеются в описаниях полиметаллических месторождений Восточн. Миссури, колчеданных месторождений Юнайтед-Верде (США), Рио-Тинто (Испания) и многих других.

Таким образом, анализируя имеющуюся литературу и результаты многолетних исследований авторов по Рудному Алтаю, Центральному и Южному Казахстану и другим районам Союза, можно констатировать, что на рудных полях колчеданных и полиметаллических месторождений разных промышленно-генетических типов встречаются своеобразные брекчиевые породы, так или иначе связанные с сульфидными

рудами цветных металлов. Они не принадлежат ни к тектоническим, ни к обломочно-осадочным, ни к вулканическим образованиям, а представляют собой продукты сложного по своей природе интрузивного процесса, протекающего в условиях малых глубин. В опубликованных работах описываемые брекчиевые образования фигурируют под различными названиями: эруптивные, взрывные, гидротермально-взрывные, гидротермальные, дистиллятогенные, туфовидные, магматогенные, взрывно-инъекционные и автомагматические брекчии, автобрекчии, дайки-брекчии, гальковые дайки, брекчиевые и гальковые столбчатые тела, обломочные порфириновые породы и т. д., хотя между ними, как подчеркивают сами авторы, много общего в генетическом и петрологическом отношении. В этом наборе названий отражены, с одной стороны, разнообразие состава и текстурно-структурного облика пород, что является следствием разнообразия и сложности эндогенных процессов, в результате которых эти брекчии формируются, а с другой — различные представления авторов на их генезис. Применительно к этим породам, наблюдаемым на рудных полях колчеданных и полиметаллических месторождений, по нашему мнению, из всех существующих наиболее удачным является название «гидротермально-взрывная брекчия», предложенное П. Ф. Иванкиным [74, 76]. Брекчиевые образования, связанные с извержениями вулканов, в данной статье не рассматриваются.

Изучение и выделение гидротермально-взрывных брекчий сопряжено со значительными трудностями. Внешний их облик отличается исключительно большим разнообразием. Они бывают действительно похожи на туфы, туфоконгломераты, туфо- и лавобрекчии, тектонические брекчии и т. п., за которые их часто и принимают. Как правило, рудоносные взрывные брекчии, в первую очередь их цемент, подвержены гидротермально-метасоматическим изменениям, что является вполне закономерным следствием их генезиса и затрудняет диагностику пород. Надежное выделение взрывных и гидротермально-взрывных брекчий возможно только при специальных наблюдениях с прослеживанием контактов, установлением их взаимоотношений с вмещающими породами и последующими лабораторными исследованиями.

Морфология брекчиевых тел

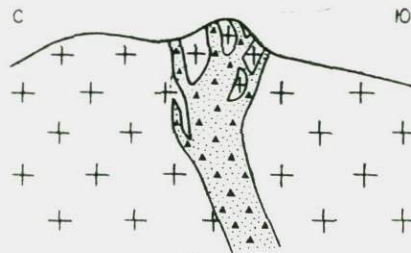
В отличие от алмазонасных кимберлитов, редкометалло-штокверковых, медно-порфириновых, трапповых скарново-маг-

нетитовых и карбонатитовых месторождений, где рудоносные брекчии представлены в основном правильными трубками, на колчеданных и полиметаллических месторождениях они образуют сложные по морфологии тела, штоки, дайки, силлы, ветвящиеся жилы, линзо- и плитовидные залежи, а также слагают краевые, апикальные и фронтальные зоны материнских интрузивов (рис. 1, 2). В вертикальном разрезе, как это установлено на разбуренных рудных полях многих месторождений и визуально в условиях хорошо обнаженного высокогорного рельефа, брекчиевые тела имеют секущую плитообразную и согласную пластовидную грибо- и воронкообразную иногда многоярусную лакколито- и древовидную форму. Правильные штоки и трубки встречаются редко. В ряде случаев, особенно на свинцово-цинковых месторождениях, они слагают маломощные ветвящиеся прожилки, а также соединяющуюся между собой систему жил, различно ориентированных в пространстве. Жилообразные и силловые тела брекчий нередко имеют раздувы и камеры, соединяющиеся между собой пережимами и тонкими проводниками. В пределах отдельных обнажений и стенок карьеров наблюдались грушевидные, полностью изолированные камеры и «слепые» прожилки, сложенные тонкокластической (песчановидной) брекчией.

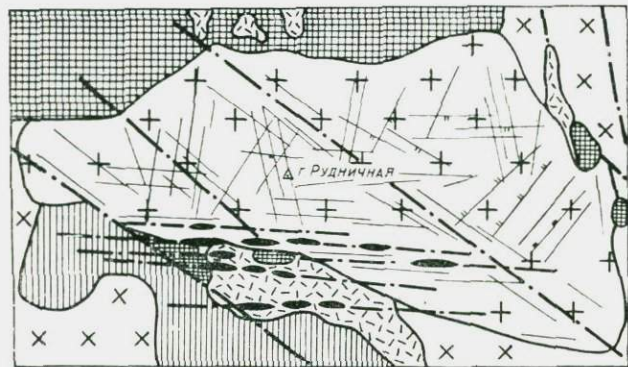
Морфологические особенности тел определяются тектонической обстановкой, физико-механическими свойствами внешней среды и природой самих брекчий. В изученных авторами районах Алтая установлено, что в более эродированных блоках брекчиевые тела имеют относительно простые секущие формы (штоки, дайки, линзы, изометричные тела). Сложные по морфологии комбинированные и многоярусные залежи характерны для более высоких уровней разреза. В сравнительно однородной среде формы тел также простые; сильно усложняются они в резко анизотропных толщах, сложенных чередующимися слоями пород с различными физико-механическими свойствами. Зависимость морфологии брекчий от особенностей самих пород выражается в том, что крупнообломочные брекчии образуют изометричные, трубчатые и мощные линзовидные тела, в то время как мелкокластические разности слагают сложные по форме инъекции. Брекчии с округлыми обломками, известные в литературе как галечниковые дайки, обычно встречаются в виде выдержанных по простиранию и мощности плитообразных тел. Морфология брекчиевых тел краевых зон в общем случае определяется конфигурацией материнских интрузивов, периферические части и фронтальные зоны которых они слагают (рис. 2). Одно-



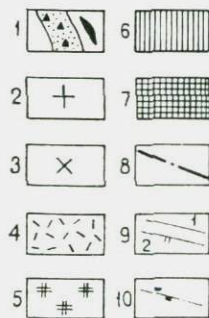
а



б

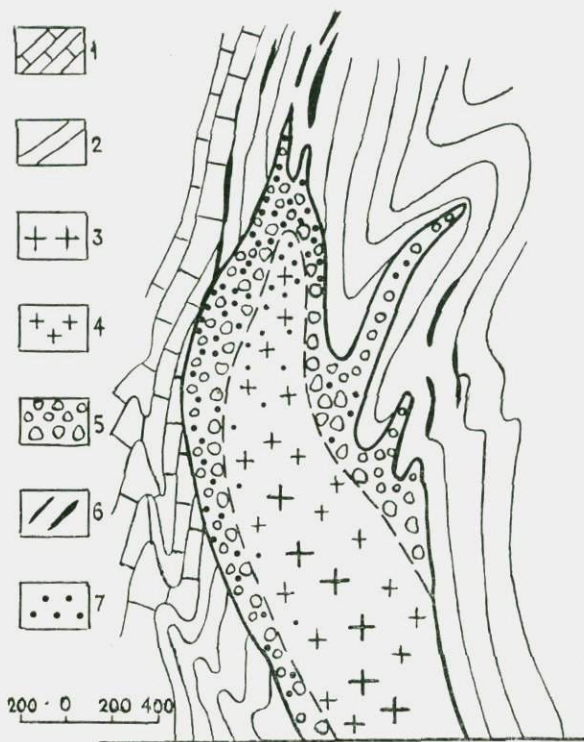


в



Р и с. 1. Морфология брекчиевых тел (а, б) и их размещение в структурах Красношешонаихинского массива (в), по В. С. Кузбелому, П. В. Иншину, П. Г. Ведерникову и М. С. Шнайдеру [113]:

1 — эксплозивные брекчии; 2 — плагиограниты и адамеллиты Красношешонаихинского массива; 3 — гранодиориты и кварцевые диориты Шешонаихинского массива; 4 — порфировые интрузии верхнего палеозоя и нижнего карбона (без расчленения); 5 — субвулканические кварцевые альбитофиры девона; 6 — вулканогенно-осадочные отложения среднего девона; 7 — нижний палеозой; 8 — разрывные нарушения; 9 — трещины вертикальные (1) и крутонаклонные (2); 10 — пологие трещины (менее 40°)



Р и с. 2. Размещение explosивных брекчий краевых и фронтальных зон и полиметаллического оруденения в Перевальненском порфировом интрузиве (Южный Алтай):

1 — известняки; 2 — песчаники, алевролиты, сланцы; 3 — кварцевые порфиры; 4 — кварцевые фельзит-порфиры; 5 — краевые брекчии фельзитов; 6 — рудоносные маломощные субогласные тела фронтальных брекчии фельзит-порфиров; 7 — вкрапленное и прожилково-вкрапленное полиметаллическое оруденение

временно встречаются ветвящиеся апофизы, сидлы и дайки во вмещающих породах.

Размеры тел гидротермально-эксплозивных брекчий колеблются в широком диапазоне. Известны трубчатые и грубоизометричные тела с поперечником в 3—4 км. Длина линейно вытянутых залежей достигает 10 км и более при ширине

несколько сот метров. Размеры наименьших камер и прожилков измеряются сантиметрами. Обычно преобладают штоки и неправильные тела диаметром от десятков до первых сотен метров, а ширина и длина линейно вытянутых тел соответственно составляют десятки метров и несколько километров. Наиболее крупные тела образуют гидротермально-эксплозивные брекчии, связанные с порфировыми интрузиями, а также автобрекчии и ликвационные брекчии кварцевых и кварц-полевошпатовых порфиров и фельзитов. Гидротермально-эксплозивные брекчии, связанные с постгранитными малыми интрузиями и брекчиями свинцово-цинковых месторождений, обычно слагают относительно мелкие тела. Сведения о вертикальной протяженности брекчиевых тел немногочисленны. Как правило, размеры поперечных сечений грубоизометричных в плане тел с глубиной быстро уменьшаются, а отдельные субсогласные, неправильные и линзовидные залежи, соединяясь между собой по падению, переходят в корневые жильные или трубчатые тела с незначительным поперечным сечением уже на глубинах 500—700 м. На разбуренных рудных полях отдельные грибо- и воронкообразные тела прослежены до 500—600 м, а дайки и плиты — до 900—1000 м.

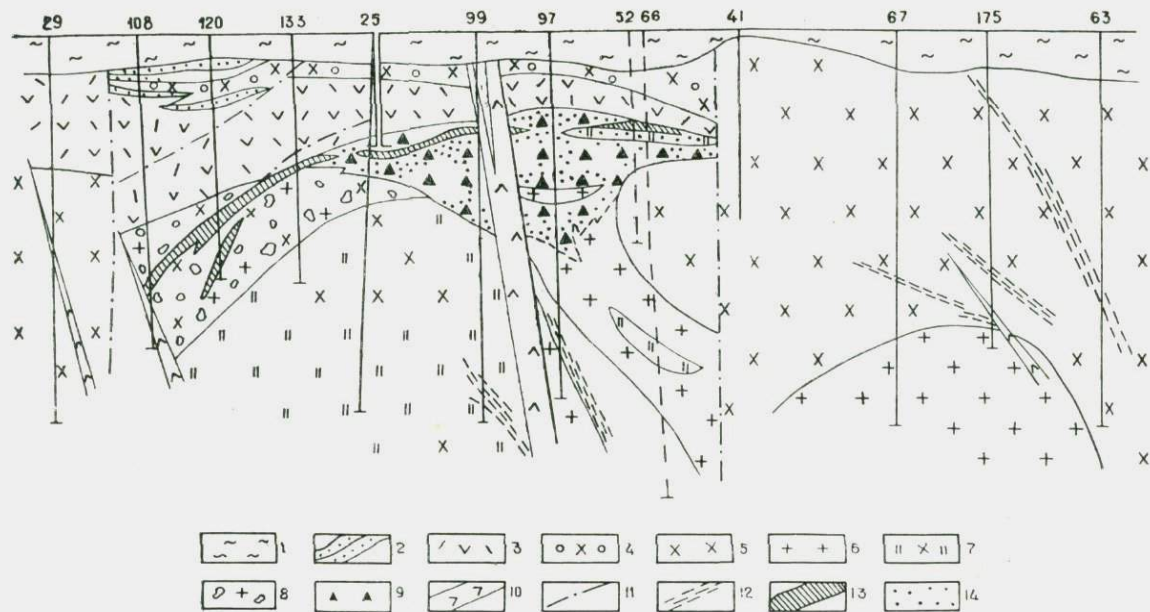
Размещение брекчий в структурах и их взаимоотношение с вмещающими породами и интрузивами

В пространственном размещении брекчий наблюдается определенная закономерность. Прежде всего подмечено, что брекчиевые образования в виде отдельных экзотических тел в одиночку не встречаются. Как правило, они образуют группировки и целые свиты различных по величине трубок, штоков, неправильных залежей, а также рои даек, силлов и жилл в определенных геологических условиях. Известны районы и рудные поля, где брекчии на сравнительно небольшой площади слагают группировки из десятков и сотен тел. Например, в районе южноалтайских полиметаллических месторождений насчитываются сотни штоков, силлов и даек брекчий, большое количество тел отмечено на Худекском колчеданно-полиметаллическом месторождении Северного Кавказа. В пределах небольшого штока Коннер-Бейсин в Аризоне выявлено 25 меденосных трубок [59], на Риддер-Сокольном месторождении в Рудном Алтае — 11, а в районе Шемонаихинского месторождения — 10 тел брекчий [25, 193]. В то же время соседние площади со сходным геологическим строением лише-

ны каких-либо признаков проявления магматогенных брекчий. Таким образом, в природе выделяются своеобразные локальные ареалы интрузивных брекчий.

В районах с широким развитием интрузивной порфировой формации связанные с ней брекчии размещаются закономерно вокруг интрузивов и на их продолжении по простиранию геологических структур. При этом площади, сложенные однородными, сравнительно раскристаллизованными порфирами, характерными для внутренних структурно-морфологических зон ареала порфириновых интрузий, обычно лишены брекчий. В средней зоне, где преобладают относительно крупные штоки, силлы и комбинированные тела более мелкозернистых порфиров, развиваются в небольшом количестве брекчии краевых зон вокруг отдельных интрузивов. И только во внешней зоне, на уровне развития мелких штоков, маломощных силлов и даек стекловатых порфиров и фельзитов, встречаются значительные группировки тел эффузивных и гидротермально-эксплозивных брекчий. Яркие примеры подобного размещения порфириновых интрузий и сопровождающих их брекчий наблюдались в хорошо обнаженном районе Южного Алтая [147]. Аналогичная картина размещения брекчий отмечена и в ореолах развития гранитоидных формаций. Площади с широким развитием полнокристаллических гранитоидов также лишены брекчий. Последние встречаются локально в структурах, где проявляются штоковые фации порфириновых гранитоидов и жильные интрузии. Вдали от крупных выходов порфириновых и гранитоидных интрузивов брекчии приурочиваются к крупным зонам разломов, контролирующим размещение мелких штоков и даек. Здесь отдельные тела и группировки брекчий размещаются вдоль крутопадающих разломов, а также, как это наблюдалось на стенке цирка Кызыл-Сыйыр в Южном Алтае, вдоль оперяющих боковых трещин и чешуйчатых надвигов. В районах, сложенных слоистыми разрезами, группировки согласных и субсогласных брекчиевых тел предпочтительнее размещаются между различными свитами, толщами и пачками, используя поверхности слоистой анизотропии и тектонических отслоений (рис. 3).

Описываемые брекчии имеют как резко секущие, так и согласные, субсогласные (комбинированные) взаимоотношения с вмещающими породами и складчатыми структурами. При этом они оказывают весьма активное механическое и слабое термическое воздействие на вмещающие породы. Контакты брекчиевых тел всегда резкие и зубчатые, кроме случаев, ког-



Р и с. 3. Продольный геологический разрез через 1-е рудное тело Александровского месторождения (Южный Урал, по Р. Г. Язевой [233]):

1 — четвертичные отложения; 2 — слоистые туфопесчаники; 3 — диабазы и брекчированные диабазы; 4 — туфолавы липарит-дацитовых порфиров; 5 — липарит-дацитовые порфиры; 6 — липаритовые порфиры; 7 — кварциты и кварц-серицитовые породы; 8 — брекчированные липарит-дацитовые порфиры; 9 — эруптивные (эксплозивные) брекчии липаритовых порфиров; 10 — дайки диабазов; 11 — тектонические нарушения; 12 — зоны расслаивания; 13 — сплошные колчеданные руды; 14 — вкрапленные руды

да они слагают эндоконтактные части материнских интрузивов (краевые брекчии). Здесь породы постепенно переходят в брекчированный интрузив. Иногда наблюдаются ровные, прямолинейные контакты силловых и дайковых тел с одной стороны (обычно со стороны всячего бока) при наличии многочисленных мелких апофиз и языков с другой. В ближайшей эндоконтактной зоне брекчиевых тел всегда преобладают обломки тех пород, с которыми они соприкасаются. В брекчиях в этой зоне нередко наблюдаются как бы всячие обломки, не полностью оторванные от вмещающих пород. Наблюдались случаи, когда согласные и субсогласные тела брекчий ломают и раздвигают слонстые породы, освобождая себе пространство. На контактах с брекчиями вмещающие породы несколько осветляются, подвергаются слабой термической закалке и перекристаллизации. Здесь появляются новообразования кварца, калишпата, альбита, крупночешуйчатого серицита и рудная сыпь. Ширина такой контактово-измененной зоны обычно не превышает 2—5 см. В эндоконтактной зоне наблюдается широкий ореол гидротермально-метасоматических изменений, о которых будет сказано ниже.

Говоря о взаимоотношениях брекчий с конкретными интрузивами, следует отметить, что в одних случаях они слагают периферические части и фронтальные зоны порфировых, гранитоидных, габброидных и жильных интрузий, одновременно образуя ветвящиеся жилы и апофизы во вмещающих породах, а в других проявляются в виде мелких штоков, «слепых» жил и даек, секущих интрузивы. Это свидетельствует о том, что очаги брекчиеобразования располагаются как в верхней апикальной зоне застывающих интрузивов, так и на более глубоких уровнях.

Состав брекчий

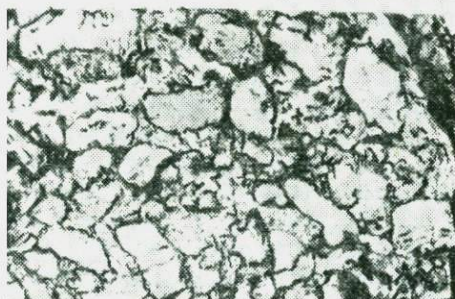
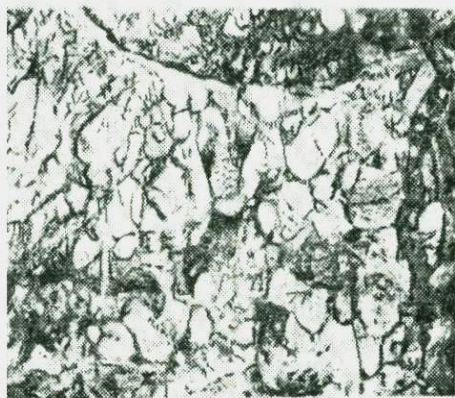
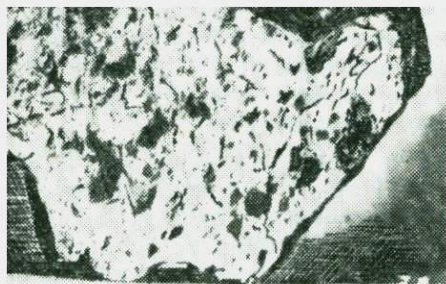
По составу, форме и размерам обломков, составу и текстурно-структурному строению цемента, количественному соотношению обломочного материала и матрицы, цвету, внешнему облику, физико-механическим и другим свойствам описываемые породы, особенно гидротермально-эксплозивные брекчии, представляют собой гетерогенные образования.

Состав обломочного материала зависит от природы самих брекчий и от состава вмещающих пород, среди которых залегают конкретное брекчиевое тело. В брекчиях собственно интрузивного типа (брекчии краевых и фронтальных зон интрузивов, ликвационные и др.), естественно, господствуют

обломки самих материнских интрузивов с отдельными обломками (ксенолитами) вмещающих пород. В брекчиях гидротермально-эксплозивного типа обломки более разнородны. Здесь присутствуют породы различных фаз и фаций материнских интрузий, а также разнообразные вмещающие породы. Реже встречаются обломки не известных в ближайшем окружении или вообще инородных пород. В числе последних отмечались породы, залегающие на 2—3 км ниже уровня формирования брекчий, а также совершенно не известные в районе интрузивные и кристаллические породы [229, 242].

Важно отметить, что в гидротермально-эксплозивных брекчиях, развитых на рудных полях колчеданно-полиметаллических месторождений, в качестве обломков часто присутствуют гидротермально измененные породы, включая двух- и трехминеральные метасоматиты предрудных стадий метасоматоза (кварц-серицитовые, кварц-хлоритовые, кварц-серицит-пиритовые, кварц-серицит-калишпатовые, кварц-серицит-альбитовые сланцы, кварцевые жилы, хлоритолиты, серицитолиты, кварциты и др.), содержащие прожилки, гнезда и вкрапленность сульфидов меди, свинца и цинка, а в ряде случаев вкрапленные и сплошные сульфидные руды основного этапа рудообразования. Наблюдаются также обломки перемятых, рассланцованных, катаклазированных и милонитизированных пород. В брекчиях, ассоциирующих с порфировыми интрузиями, иногда встречаются обломки слабодискристаллизованного фельзита и витрофирового стекла, напоминающие кайнотипные породы, которые в первичном залегании не встречаются. По петрохимическому составу они тождественны нормальным кварцевым порфирам того же района.

Форма обломков разнообразна. Чаще всего они имеют угловатое со сглаженными краями, полуокруглое, эллипсоидальное грубоизометричное, неправильное (с бухтами и заливами матрицы), реже остроугольное или округлое очертание (рис. 4). В целом более округлые обломки характерны для гидротермально-эксплозивных брекчий. В галечниковых дайках обломки иногда имеют скорлуповатую, «луковичную» отдельность. Размеры обломков варьируют от нескольких миллиметров до 1—2 м и более. По размерам обломков брекчии могут быть разделены на глыбовые (более 0,5 м), крупно-, средне- и мелкообломочные разновидности (соответственно 10—50, 1—10 и менее 1 см). Наиболее характерные их размеры 1—10 см. Заметной сортировки обломков по величине внутри отдельных брекчиевых тел не наблюдается, за исключением



Р и с. 4. Общий вид эксплозивных брекчий, ассоциирующих с порфировыми интрузиями (район южноалтайских месторождений):

а — эксплозивная брекчия краевых зон фельзит-порфиров; темно-серые остроугольные обломки кварцевого порфира и фельзит-порфира сцементированы светло-серым фельзитом (1/4 натур. вел.); б — гидротермально-эксплозивная брекчия фронтальных зон кварцевых порфиров; преобладают округлые обломки различных порфиров и фельзитов, присутствуют единичные удлиненные обломки вмещающих песчано-сланцевых и карбонатных пород; цемент — гидротермально измененная микробрекчия (1/4 натур. вел.); в — эксплозивно-гидротермальная брекчия; преобладают обломки гидротермально измененных пород и метасоматитов с кварцевыми и кварц-полевошпатовыми прожилками и сульфидной минерализацией; цемент-хлорит-серицит-кварцевый гидротермальный агрегат с густой вкрапленностью, шнурками и скоплениями пирита, галенита, сфалерита и халькопирита (1/4 натур. вел.).

краевых брекчий. Здесь отмечается постепенное увеличение размеров обломков в сторону интрузива, вплоть до перехода брекчии в брекчированный интрузив. В отдельных случаях внутри брекчиевых тел с размерностью обломков одного или двух классов наблюдаются полосы и ветвящиеся шнуры, сложенные более мелкообломочной брекчией. Подобные полосы имеют плавноволнистое очертание и в целом параллельны длинной оси брекчиевого тела по восстановлению.

Соотношения обломков и цементирующей массы колеблются в широком диапазоне. Наряду с брекчиями, сложенными сплошь из обломков с текстурой цемента типа соприкосновения, распространены брекчии-матрицы с редкими, «плавающими» обломками. Количественное соотношение обломочного и цементирующего материала варьирует соответственно от 5—10 до 80—90%. В целом, чем крупнее обломки, тем меньше цемента и наоборот. В брекчиях с размерами обломков более 10 см последние количественно преобладают, а с размерами менее 1 см — матрица преобладает над обломками. Более обычны брекчии с примерно равным соотношением матрицы и обломков с размерами последних 1—10 см.

Цементирующая масса (матрица) брекчий всегда интенсивно изменена гидротермально-метасоматическими процессами и очень редко удается установить первичный ее состав и природу. В существующей литературе цемент брекчий описывается как лавовый, интрузивный, туфовый, смешанный, кластический, гидротермальный, а по составу и структуре — как лепидогранобластовый, порфиновый, липаритовый, кварц-серицитовый, полевошпат-кварц-серицитовый, алевролитовый, песчаниковый и т. д., что затрудняет его систематику. В большинстве опубликованных работ указывается на разнородный характер цемента сходных между собой брекчий, располагающихся на одном и том же участке рудного поля и месторождения. Особенно часто ассоциируют между собой брекчиевые тела с туфовым (кластическим) и магматическим цементом. Имеются упоминания о совместном присутствии туфового и лавового цемента в пределах одного брекчиевого тела. Вероятно, все это связано не столько с генетическим разнообразием способов образования матрицы, сколько с гетерогенностью ее состава и степенью гидротермальных изменений.

На основе анализа литературы, с учетом собственных материалов, нам представляется возможным выделить лишь два крайних типа цемента: магматический и флюидно-класти-

ческий. Поскольку рассматриваемые брекчии не имеют отношения к вулканическим процессам, а связаны с интрузивной и флюидно-эксплозивной деятельностью, то использование для характеристики их цемента таких названий, как лавовый, туфовый, смешанный, порфиновый, фельзитовый и т. д., нежелательно. Первый тип цемента характерен для собственно интрузивного (автомагматического и ликвационного), а второй — для гидротермально-эксплозивного брекчиеобразования. Необходимо подчеркнуть, что эти крайние типы цемента в чистом виде встречаются редко. Обычно мы имеем дело с преимущественным развитием либо магматической, либо флюидно-кластической составляющей матрицы, так как собственно интрузивное брекчирование непременно сопровождается газовой гидротермальной деятельностью. Точно так же в процессах гидротермально-эксплозивного брекчиеобразования участвует переохлажденная и обогащенная летучими компонентами остаточная магма локального очага эксплозии. Пока трудно оценить количественную сторону доли участия в общем процессе брекчиеобразования магматических и флюидно-кластических составляющих.

Накопленные материалы свидетельствуют о том, что матрица брекчий, развивающихся на рудных полях, в основном представлена измельченным твердым кластическим материалом, нацело переработанным гидротермально-метасоматическими процессами. Доля участия жидкой магмы в этом цементе, которая могла быть принесена сюда в виде мелких капель, вероятно, незначительна. Матрица подобных брекчий по существу представляет собой микробрекчию. Она сложена весьма мелкими осколками полевых шпатов, кварца, стекла, фельзита и всех тех пород, которые присутствуют в обломках брекчий, погруженных в серицитизированный, окварцованный, хлоритизированный криптокристаллический или пелитоморфный базис. Новообразования кварца, серицита и хлорита, содержащие сульфиды, помимо тонкой ткани базиса, присутствуют в матрице брекчий в виде гнезд, прожилков, шнурков и инъекционных полос. Часто они полностью пронизывают матрицу брекчии, уничтожая, таким образом, пелитоморфную ее ткань. Матрица брекчий нередко проникает в обломки в виде заливов и прожилков. Наблюдались признаки некоторой сортировки кластического материала цемента по крупности осколков, а также ориентировка удлиненных его частиц по линиям, обтекающим обломки, и по спиральным направлениям. В этом случае создается впечатление о турбулентном вихреобразно-струйчатом микротечении в матрице брекчий.

В зависимости от того, с какими интрузиями непосредственно связаны собственно интрузивные брекчии, их цемент представляет собой магматические породы соответствующего состава и структуры. Это преимущественно порфировые магматические породы, отвечающие субвулканическим фациям кислых и умеренно кислых интрузий (кварцевые и кварц-полевошпатовые порфиры, фельзит-порфиры, плагнопорфиры и альбитофиры с фельзитовой, микрогнидиоморфно-зернистой, сферолитовой, кристаллитовой структурой, иногда со слабой флюидалной и полосчато-линзовидной текстурой). Магматический цемент также подвержен достаточно интенсивным гидротермально-метасоматическим изменениям. Это повлечет образование кварца, калишпата, альбита, серицита, реже хлорита и карбонатов, развивающихся в виде лапчатых агрегатов, шнурков, гнезд и прожилков. Они содержат вкрапленность и гнезда сульфидов. Участками в порфировой матрице обнаруживаются структуры, характерные для туфов с осколками минералов, пород и рогульками стекла, перемешанными с криптозернистым материалом. Часто наблюдается резорбция порфировых выделений основной массой, проникающей по трещинам, вплоть до полного разрушения целостности фенокристов. Это усиливает процесс формирования псевдотуфовых структур. В общем случае соотношение флюидно-кластической и магматической матрицы таково: в брекчиях, имеющих близкую пространственную связь с интрузивами, преобладает магматическая матрица, а флюидално-кластический цемент характерен для брекчий, залегающих в значительном удалении от интрузивов.

Систематика и вопросы генезиса брекчиевых образований

Попытка систематизации брекчиевых образований по генетическим и морфологическим признакам, механизму формирования, составу материнских интрузий и магмы, с которыми они генетически связаны по составу обломков и цемента и другим признакам, сделана рядом исследователей. Наиболее обстоятельный обзор генезиса брекчиевых образований и их систематика принадлежат Л. Бринеру, а в отечественной литературе — П. Ф. Иванкину и Г. И. Туговику. Л. Бринер на основании обобщения материалов по рудоносным брекчиевым трубкам западных штатов США с привлечением примеров из других районов выделил следующие их разновидности: по времени образования — догидротермальные и когид-

ротермальные; по морфологии — брекчиевые трубы, гальковые дайки и брекчиевые дайки; по составу заполнения — магматические эффузивные колонны, магматические неэффузивные (интрузивные столбы и брекчии карстовых полостей [34]). П. Ф. Иванкин на материалах специального изучения рудоносных брекчий колчеданных и полиметаллических месторождений Рудного Алтая, Урала, Забайкалья и других районов показал, что закрытые эксплозии, сопровождающие гипабиссальные интрузии, являются закономерным следствием дифференциации рудоносных магм и одним из широко распространенных способов образования гидротермальных рудоформирующих систем, и, исходя из этого, разработал гидротермально-эксплозивную гипотезу формирования рудоносных эксплозивных брекчий [73, 74]. Вопросы систематики пород затронуты в работе А. С. Бобохова, выделившего на медноколчеданных месторождениях Южного Урала автомагматические, взрывные (эксплозивные), инъекционные брекчии и брекчиевидные породы замещения [18, 19]. Магматогенные брекчии Рудного Алтая по механизму образования, принадлежности к материнским интрузиям и характеру обломков подразделены на интрузивные, ликвационные, эксплозивные и метасоматические, брекчии порфировых, гранитоидных, габброидных и жильных интрузий [113], брекчии с перемещенным и неперемененным цементом [113, 229]. Наиболее полной сводкой материалов по рудоносным эксплозивным брекчиям является монография Г. П. Туговика «Эксплозии и рудный процесс». Она написана в основном на материалах золоторудных, редкометалльных, трапповых скарново-магнетитовых и карбонатитовых месторождений Сибири с привлечением литературных источников, посвященных всем эндогенным брекчиевым образованиям. В ней автор впервые предложил объединяющий термин «рудоносное эксплозивное сооружение» (РЭС). Он выделяет РЭС, связанные с кислой (и средней), основной, щелочно-основной, ультраосновной, ультраосновной-щелочной магмами, а по характеру слагающих их пород — мономиктовые брекчии перемещенных пород, полимиктовые брекчии вмещающих и перемещенных пород, брекчии с присутствием туфового материала и брекчии, сцементированные интрузивной породой или расчлененной дайками, а также эксплозивные сооружения, выполненные корнями и neckами интрузивных пород.

Как видно, предложенные схемы по систематике рассматриваемых пород не выдержаны, подчас противоречивы. Не

касаясь преимуществ и недостатков существующих схем, следует отметить, что в связи с новизной проблемы брекчий и неразработанностью многих вопросов их генезиса и механизма формирования в настоящее время вряд ли возможно разработать удовлетворительную классификацию рудоносных взрывчатых брекчий. Можно лишь наметить некоторые принципы их систематики. Брекчиевые образования, распространенные на колчеданных и полиметаллических месторождениях, можно разделить на следующие типы:

1) по предполагаемому генезису и механизму образования — на собственно интрузивные, гидротермально-взрывчатые и метасоматические;

2) по принадлежности к типам интрузий — брекчий, связанные с порфировыми, габброндными, гранитоидными и постгранитными малыми интрузиями (они могут быть как собственно интрузивными, так и гидротермально-взрывчатыми);

3) по отношению к конкретным материнским интрузивам — внешних, внутренних и краевых зон (первые два типа представляют брекчий преимущественно гидротермально-взрывчатой природы, а третий имеет существенно интрузивное происхождение);

4) по составу цемента — брекчий с преимущественно магматической, кластической и гидротермально-метасоматической матрицей;

5) по составу, форме и размерам обломков — мономиктовые, полимиктовые; глыбовые (более 0,5 м), крупно-, средне- и мелкообломочные (соответственно 10—50, 1—10 и до 1 см); брекчий с остроугольными, полукруглыми и округлыми обломками;

6) по морфологии — трубчатые и сложные тела, дайки, жилы, силлы, камеры, апикальные, боковые и фронтальные зоны интрузивов;

7) по отношениям с вмещающими породами и складчатыми структурами — секущие, согласные, субсогласные, комбинированные; постскладчатые и соскладчатые брекчиевые тела;

8) по отношению к основному этапу оруденения — дорудные и внутриминерализационные.

Из всех перечисленных признаков наиболее важным является состав и строение цемента, который отражает вещественную природу брекчиевых образований. Поэтому при изучении подобных брекчий особое внимание должно быть уделено их матрице. Задачи при этом сводятся к тому, чтобы по сумме

признаков определить либо существенно магматический (интрузивный), либо преимущественно кластический, или же первично-гидротермальный характер цемента и тем самым установить, какой из трех главных компонентов рудно-магматической системы (жидкий расплав, газовые флюиды или гидротермальные растворы) преобладал при формировании рудоносных брекчий. Следующим принципиальным классификационным признаком служит отношение брекчий к интрузивным формациям и конкретным интрузивам, что определяет региональные и локальные закономерности пространственного размещения брекчий различного состава и генетического типа. Эти главные генетические признаки и положены в основу предлагаемой систематики рассматриваемых в данной статье брекчий. С учетом указанных признаков выделяются два главных генетических типа брекчий — собственно интрузивные и гидротермально-эксплозивные (таб.).

Интрузивные брекчии

По механизму формирования среди брекчий этого генетического типа выделяются ликвационные, краевых и фронтальных зон интрузивов.

Ликвационные брекчии порфировых и гранитоидных интрузий впервые выделены и описаны в Зырянском, Бухтарминском, Шемонаихинском и других районах Рудного Алтая. Они образуются, как показано П. В. Пинным, В. С. Кузевым и др. [85, 113], в специфических термодинамических условиях в результате ликвационной дифференциации магмы, сопровождающейся при последующем застывании внутренними структурными преобразованиями. В качестве примера можно сослаться на брекчиевые глыбовые дайки Бузанихинского массива [111], которые сложены здесь брекчиевидными расслоенными плагиогранит-порфирами, микродиоритами и диоритовыми порфиритами. В расслоенных плагиогранит-порфирах вкрапленники плагиоклаза, кварца и гломеропорфирные сростки минералов интенсивно раздроблены и оплавлены. В основной массе кислого состава проявляется сферолитовая и кристаллитовая раскристаллизация. Весьма показательны в породе каплевидные обособления слабополярного стекла, что указывает на ликвацию магмы и быстрое ее застывание. Нередко видны четкие следы течения расслоенного расплава. Все разновидности пород, слагающих эти дайки, обособляются в них как неправильные глыбы и жилы. Одни и те же породы проявляются и в виде обломков

Генетическая систематика рудо-

Генетические типы брекчий	Разновидности брекчий	Магматические породы, с которыми связаны брекчии	Преобладающий эндогенный процесс	Геологические структуры, контролирующие размещение брекчий	Морфология брекчневых тел
Интрузивные	Ликвационные	Порфиры, жильные интрузии гранитоидов	Расслоение магмы	Локальные участки в апикальных частях, реже внутри интрузивов	Линзы, плоские, неправильные тела, блоковые дайки
	Краевых зон интрузивов	Порфиры, гранитоиды, габброиды	Автомагматическое брекчирование	Эндоконтактовые зоны, особенно в апикальных частях интрузивов	«Чехлы» вокруг интрузивов, часто с апофизами во вмещающих породах
	Фронтальных зон интрузивов	Порфиры, реже гранитоиды и жильные интрузии	Флюидно-магматическая эксплозия	Фронтальные зоны отдельных крупных интрузивов и их спутников по восставанию и простираению структур	Неправильные и линзовидные тела, ветвящиеся, вытянутые залежи
Гидротермально-эксплозивные	Эксплозивные	Порфиры, дайки и малые интрузии	Гидротермально-флюидная эксплозия	Крупные зоны разломов, межформационные отслоения, оперяющие трещины, насыщенные штоками, дайками, силлами, узлы пересечения разрывных нарушений	Неправильные и трубообразные тела, линзы, камеры
	Гидротермальные	То же	Флюидно-гидротермальная эксплозия; гидротермальная переработка	То же	Линзовидные, трубообразные и комбинированные тела, жилы, камеры
Рудные	Не ясно	Гидротермальный	Гидротермальный	Рудоконтролирующие разрывные и складчатые структуры	Линзы, субогласные тела, жилы, трубки

носных взрывных брекчий

Состав обломков	Состав цемента	Форма обломков	Примеры по Рудному и Южному Алтаю
Материнские интрузивные породы	Магматический	Остроугольная, угловатая	Дайки Бузанихинского массива; порфиры Зыряновского района и по р. Хамир
Породы эндоконтактов и ранних фаз интрузивов, реже ксенолиты вмещающих пород	То же	То же	Перевальпенский и Ушкунгойский порфиновые интрузивы в Южном Алтае; Крюковский, Горшковский, Сержихинский массивы гранитоидов
Материнские и вмещающие породы, кристаллы	Магматический, кластический	Угловатая, полукруглая	Порфиновые брекчии в Бухтарминском, Новозолотушинском, Южно-Алтайском и других районах
Разнообразные породы	Кластический с примесью магматического материала, гидротермально переработанный	Полукруглая	Бузанихинский и Красношешемпанхинский массивы, Верхубинское и другие месторождения
Разнообразные породы, метасоматиты	Гидротермальный с примесью кластического материала	Полукруглая, округлая	Новозолотушинское, Лениногорское, Зыряновское и другие месторождения
Разнообразные породы, метасоматиты, руды	Гидротермальный, рудный	Угловатая, округлая	То же

(ксенолитов), и в виде жил. Размер обломков меняется от 1—2 см до 1,5—2 м, мощность жил — от 1—2 до 10 см.

Не касаясь механизма процесса ликвидационного брекчиеобразования, рассмотренного в работах [85, 87, 113], можно отметить следующие характерные признаки ликвидационных брекчий: четкие интрузивные контакты тел, сложное блоковое и линзово-полосчатое строение их; дробление и интенсивное оплавление вкрапленников и гломеропорфировых сростков кварца и плагноклаза; слабая раскристаллизация основной массы пород (фельзитовая, сферолитовая, кристаллитовая структуры); наличие каплевидных сферолитов и обособлений стекла со следами течения расслоенного расплава; заметная обогащенность аксессуарными и рудными минералами.

Брекчии краевых зон широко распространены в гипабиссальных и близповерхностных интрузивах, на что обратили внимание Ф. К. Шипулин [228] и Н. Д. Соболев [178]. В условиях малых глубин, обеспечивающих быстрое застывание приконтактных частей интрузива, при пульсационном поступлении магмы или продолжающихся тектонических подвижках происходит дробление затвердевшей корки, обломки которой вместе с ксенолитами вмещающих пород цементируются новыми порциями магмы. Таким образом формируются типичные автобрекчии краевых зон интрузивов (рис. 2). Запасы тепловой энергии магмы на этом уровне незначительны, поэтому в ней не происходит переплавления и растворения обломков. В зависимости от величины магматического напора, тектонических усилий, интенсивности последующих пульсационных поступлений магмы и выделения летучих компонентов эта гетерогенная смесь будет двигаться по восстанью колонны. По положению пород относительно интрузивного тела (магматической колонны) выделяются брекчии контактовых и фронтальных зон. В первом случае они окаймляют интрузивные тела в виде чехлов или образуют у контактов отдельные залежи. Нередко подобные брекчии, как это наблюдалось в районе месторождения Ново-Ушкунгойское на Южном Алтае, инфицируют вмещающие породы в виде ветвящихся апофиз. Наибольшее количество их размещается в апикальных частях штоков и в висячих боках наклонных тел. Обломочный материал представлен интрузивными породами эндоконтактных зон и ранних фаз с небольшим количеством обломков-ксенолитов вмещающих пород, по краям которых наблюдается узкая каемка закалки и ороговикования. Независимо от того,

по гранитоидам или по порфировым интрузиям образовались такие брекчии, цемент их представлен порфировым агрегатом с мелкозернистой основной массой,

Брекчии краевых зон гранитоидных интрузивов описаны многими исследователями. На Рудном Алтае подобные брекчии развиты в Красношлемоаицхинском, Крюковском, Горшковском, Сержихинском и других массивах (рис. 1). В Сержихинском массиве они развиты в зоне эндоконтакта кольцевой интрузии биотитовых гранитов, прорывающей мелкозернистые диориты и порфировидные гранодиориты. Диориты обычно проявляются в виде многочисленных ксенолитов размером 30—50 см, сцементированных порфировидными гранодиоритами; количество обломков нередко достигает 80% объема породы. Ширина полосы брекчий 200—300 м. Иногда породы подвергаются повторному дроблению и цементируются мелкозернистыми порфировидными гранитами. В эндоконтактных и апикальных частях Шемоаицхинского и Горшковского интрузивов гранитоиды цементируют брекчированные габброиды и лампрофириподобные породы ранних фаз [113].

Характерным примером широко распространенных брекчий краевых зон порфировых интрузий является изученный З. М. Нурбаевым Перевальненский порфировый интрузив в Южном Алтае. Он имеет слегка изогнутую линзовидную форму и залегает субогласно с вмещающими породами. Размеры его 4×0,8 км. Сложен массив светло-серым кварцевым фельзит-порфиром, переходящим в центральных частях интрузива в кварцевый порфир с мелкозернистой основной массой. На севере тело окружено чехлом крушинообломочных брекчий фельзит-порфиров шириной от 5—10 до 300 м; причем максимальное развитие они имеют на выклинивании интрузива (рис. 2). В северо-восточной части, со стороны всякого бока, краевые брекчии образуют несколько кольцеобразных длинных апофиз, проникающих во вмещающие породы по напластованию. Обломки имеют остроугольные (со слегка сглаженными краями) формы и представлены фельзит-порфиром (до 80%) и вмещающими породами (20%). В сторону интрузива количество обломков и их размеры увеличиваются. Цемент сложен интенсивно серицитизированным, окварцованным и оруденелым фельзитом, в то время как фельзиты интрузива и обломков, имеющие стекловатую основную массу, совершенно не затронуты гидротермальными изменениями.

Очевидно, к этому же типу относятся брекчии однородного состава на Александровском [233], а также брекчии, «сопро-

вождающие, нередко облекая, небольшие субвулканические интрузивы липаритовых порфиров» [24, с. 882] на Худесском медноколчеданном месторождении. Наиболее крупные тела эксплозивных брекчий на Блявинском месторождении «следуют контактам субвулканических тел липаритов как со стороны лежащего, так и со стороны висячего бока, образуя вокруг них как бы чехлы» [31, с. 53].

Брекчии фронтальных зон наиболее характерны для порфировых интрузий. Нередко они постепенно сменяются брекчиями вышеописанного типа. Те и другие образуются в процессе становления штоковых, силловых и дайковых фаций во внешней структурно-морфологической зоне ареала порфировых интрузий. При этом фронтальные брекчии занимают более отдаленное положение по отношению к конкретным материнским интрузивам, приурочиваясь к участкам выклинивания интрузивов по простиранию и восстанию. Отдельные брекчиевые тела здесь обычно размещаются на расстоянии десятков и нескольких сот метров от интрузивов. Брекчии фронтальных зон образуют, помимо чехлов в местах выклинивания линейно вытянутых интрузивов, и самостоятельные тела в виде субогласных силловых залежей, линз, секущих даек и жил во вмещающих породах. Нередко они встречаются целыми группировками на участках погружающихся поясов порфировых интрузивов, силлов и даек вдоль простирания геологических структур. Такова, например, геологическая позиция весьма широко распространенных в Южном Алтае своеобразных обломочных пород, называемых туфокогломератами, туфобрекчиями и т. д. [71, 147].

По сравнению с брекчиями краевых зон во фронтальных брекчиях обломки более разнородны и заметно округлены. В составе магматической матрицы, представленной фельзитом и липаритом, присутствуют шнулки, полосы и неправильные участки перетертого кластического материала с мелкими осколками стекла, фенокристов, обломками пород. Матрица обычно подвержена сравнительно интенсивной, но неравномерной гидротермально-метасоматической переработке. В маломощных силло- и дайкообразных телах, залегающих на значительном удалении от интрузивов, матрица брекчий сложена в основном кластическим материалом, подверженным весьма интенсивным гидротермальным изменениям. Морфологические особенности тел, их размещение в структурах и состав брекчий свидетельствуют о том, что фронтальные брекчии формируются на участках сочленения отдельных линейно вытянутых

залежей, силлов и даек порфиров с тектоническими зонами и ослабленными межформационными поверхностями. При этом происходит интенсивное выделение летучих компонентов магмы, сопровождающееся дроблением интрателлурических вкрапленников кварца, полевых шпатов, обломков пород, «плавающих» на фронте движения колонны. Наконец, расплав обогащается тонким обломочным материалом. Такая бетонообразная масса в режиме напора циркулирующих через нее флюидов обладает определенной дифференциальной подвижностью. Это объясняет морфологические особенности брекчий, образующих в ряде случаев сравнительно маломощные субогласные залежи значительной протяженности. Застывание подобной массы без существенного перемещения на уровне становления интрузивов приводит к образованию во фронтальной части последних своеобразных туфовидных пород с мелкообломочным или порфировым цементом. В таких туфовидных порфирах нередко возникают свои приконтактные брекчии [113].

Брекчии фронтальных зон субвулканических интрузий порфиров широко развиты на медноколчеданных месторождениях Урала (рис. 3). Яркие примеры этому имеются на Александровском месторождении, где Р. Г. Язева установила грибообразное в разрезе брекчневое тело смешанного состава, «подпираемое снизу столбообразным дайковидным телом липаритовых порфиров» [233 с. 134]. В русле р. Кушинко (Кавказ, Туапсинский район) А. М. Борсуком и Ю. П. Масуренковым обнаружены эксплозивные брекчии, подпираемые снизу штоком основных пород (витрокриналиты). Здесь шток слепо заканчивается среди брекчий, причем по мере приближения к интрузиву количество обломков витрокриналитов в них резко увеличивается [27]. Этими же авторами установлены брекчии, связанные со щелочными трахитами.

Гидротермально-эксплозивные брекчии

Как уже отмечалось, брекчии этого типа проявляются на колчеданно-полиметаллических месторождениях в ассоциации с разнообразными порфировыми телами и дайками, а на свинцово-цинковых — без всякой видимой связи с интрузивными породами. Повсюду они тесно переплетаются с процессами оруденения. Природа гидротермально-эксплозивных брекчий во многом еще неясна, хотя механизм их образования широко освещен в литературе [25, 27, 34, 74, 76, 113, 131, 193, 229].

Из анализа этой литературы и соответствующих термодинамических расчетов, опирающихся на результаты экспериментальных работ Н. И. Хитарова [218, 221], Дж. Кеннеди [91] и А. А. Штейнберга [1962], вытекает, что в гипабиссальных условиях возникновение газового взрыва на фронте двигающейся вверх магматической колонны вполне реально. Не касаясь вопросов генезиса пород, рассмотренных в приведенном перечне литературы, отметим, что гидротермально-эксплозивные брекчии на месторождениях, судя по геологическим данным, обнаруживают структурно-парагенетическую связь с более поздними дифференциатами порфиоров, а также с постраничными малыми интрузиями пестрого состава, проявляющимися в гипабиссальных и малоглубинных условиях.

Эти брекчии, в отличие от таковых краевых и фронтальных зон, не обнаруживают непосредственную пространственную связь с конкретными порфировыми интрузивами и дайками, но те и другие располагаются в единых тектонических структурах — крупных разломах и межформационных отслоениях. Они образуют сравнительно небольшие тела или их пространственно сближенные группировки, размещающиеся в различных комплексах вмещающих пород, включая массивы порфиоров и гранитоидов. Это дайки, трубчатые тела и жилы, выходящие на поверхность или «слепые», а также субсогласные и комбинированные залежи линзовидной или более сложной формы, соединяющиеся между собой жильными проводниками, камеры и карманы. Характерно, что общий объем брекчий, достигающий максимума на определенном (обычно несколько сот метров) отрезке разреза, с глубиной уменьшается. Одновременно с этим упрощаются и формы брекчиевых залежей, которые превращаются главным образом в трубчатые, плито- и дайкообразные тела.

Состав гидротермально-эксплозивных брекчий исключительно разнородный как по обломочному материалу, так и по цементирующей массе. В обломках присутствуют разнообразные интрузивные и вмещающие породы, а также роговики, метасоматиты, жильные гидротермалиты, реже вкрапленные и сплошные сульфидные руды, и породы, не известные на рудных полях. Форма обломков преимущественно угловатая и округлая. Преобладают средне- и мелкообломочные разновидности пород. Матрица этих брекчий представляет собой разнородный¹ кластический материал. Она всегда интенсивно изменена гидротермально-метасоматическими процессами, обо-

гащена аксессуарными (турмалином, апатитом, сфеном) и рудными (магнетитом, гематитом, сульфидами меди, свинца и цинка) минералами.

Гидротермально-эксплозивные брекчии в принципе могут быть разделены на три разновидности: собственно exploзивные, exploзивно-гидротермальные и рудные, что отражает преобладающую тенденцию процессов, в результате которых они образуются. На данной стадии изученности пород выделить и дать полную характеристику каждой разновидности не представляется возможным. Это прежде всего связано с тем, что в опубликованных работах, как правило, отсутствуют необходимые детальные сведения, характеризующие состав и строение матрицы отдельных брекчиевых тел. Трудность вопроса заключается еще и в том, что матрица этих брекчий всегда интенсивно изменена. Основываясь на личном опыте изучения цемента таких брекчий и на имеющихся литературных данных, можно сказать, что матрица exploзивных брекчий, формирующихся при преобладающей роли газовой составляющей системы, состоит в основном из тонкоизмельченного кластического материала с наложенными вторичными изменениями той или иной интенсивности. В ней могут присутствовать обломки любых пород и минералов, включая темновесных. В матрице брекчий exploзивно-гидротермальной природы преобладают продукты собственно гидротермально-метасоматического процесса с сохранением лишь наиболее устойчивых обломков — кварца, полевых шпатов, фельзита и др. Несмотря на трудность и кропотливость исследований, расчленение брекчий на указанные разновидности представляется рациональным и оправданным с практической точки зрения. Рудные внутриминерализационные брекчии выделяются по наличию рудных обломков, галек, рудокластов, которые могут образовываться и за счет цемента [30], а также гнезд, вкрапленников и прожилков сульфидных руд в матрице, хотя они могут быть и лишены сравнительно концентрированного оруденения.

Из известных примеров к exploзивным брекчиям могут быть отнесены брекчиевые образования Лениногорского, Верхубинского, Шемонаихинского месторождений, Бузанихинского и Красношемонаихинского массивов на Рудном Алтае; брекчии с существенно «туфовым» цементом Блявинского, Учалинского, Сибайского, Александровского, им. XIX партсъезда и других месторождений Урала, Актюза (Средняя Азия), Стандрг (Югославия) и многие другие. Гидротермальные и рудные брекчии известны на Николаевском, Новозоло-

тушинском, Лениногорском, Гайском, Блявинском, Учалинском, Сибайском, им. XIX партсъезда и других месторождениях.

Рудоносность брекчий

На колчеданных медных и полиметаллических месторождениях с промышленными рудами чаще всего ассоциируют гидротермально-эксплозивные брекчии, сопровождающие поздние дифференциаты порфировых интрузий и постраничные дайки. Эти брекчии наиболее рудоносны, а в ряде случаев сами представляют промышленную руду.

Ликвационные брекчии и брекчии краевых зон гранитных и габброидных интрузивов по существу не рудоносны. В их цементе, по сравнению с материнскими интрузивами, несколько больше аксессуарных рудных минералов (магнетита, гематита, пирита, рутила, сфена) и чаще встречаются кварцевые, кварц-карбонатные, кварц-полевошпатовые и карбонат-хлорит-актинолитовые прожилки с сульфидной минерализацией (пиритом, пирротинном, реже сфалеритом и галенитом). Ликвационные брекчии порфировых интрузий несут повышенную, чем однородные порфиры, но рассеянную сульфидную минерализацию. Это рассеянная вкрапленность пирита, халькопирита, сфалерита, галенита и единичные знаки молибденита, заключенные как в массе окварцованной и пропилитизированной брекчии, так и в штокверках кварцевого, кварц-полевошпатового, полевошпат-эпидотового и другого состава. Среди рудопоявлений, связанных с ликвационными порфирами и брекчиями, промышленных объектов пока нет. Оруденение характеризуется в целом относительно низкими содержаниями металлов, но значительным площадным развитием. Участками средневаловое содержание меди на больших площадях (1—2 км²) достигает 0,1—0,2%.

Брекчии краевых и фронтальных зон порфировых интрузивов, за редким исключением, минерализованы сульфидами. Причем если материнские порфиры и фельзиты существенно калиевые, то оруденение в основном свинцовое; для нормального соотношения калия и натрия характерно типичное полиметаллическое по составу оруденение. Цемент этих брекчий в той или иной степени изменен гидротермально-метасоматическими процессами. Рудные минералы (пирит, сфалерит, галенит, халькопирит, блеклые руды и др.) образуют тонкую сыпь в цементе, а также гнезда и вкрапленность. Встречаются также кварцевые жилы и прожилки со значительным содержанием сульфидов. Часть жил выходит за пределы брек-

чиевых тел, образуя вокруг порфиров во вмещающих породах ореол минерализованных штокверков. В целом оруденение бедное. Сумма металлов в таких брекчиях, а также в контактирующих с ними вмещающих породах обычно не превышает 1—2%. Реже встречаются участки с богатым содержанием металлов (более 10%). Наибольшее количество рудопоявлений (несколько десятков), связанных с брекчиями этого типа и порфирами, известно в Южном Алтае (Южно-Алтайское, Ново-Ушкунгойское, Кепкенское, Перевальненское, Ушкунгойское, Кызыл-Сыйырское и др., рис. 3 и 4). Характерной особенностью оруденения является то, что оно, имея прямую генетическую и непосредственную пространственную связь с множеством конкретных интрузивов порфиров и брекчий, рассеянно в огромном объеме вмещающих толщ. В данном случае металл как бы разбрызган на большое число мелких объектов, что закономерно связано с особенностями генезиса этого типа оруденения [71]. Следует отметить, что минерализация в породах распределена неравномерно: в сторону интрузива оруденение в брекчиях постепенно ослабевает, точно так же рассеивается оно и во вмещающих терригенно-карбонатных и вулканогенных породах в шлейфе штокверкового окварцевания и только в тонкозернистых (глинистых) отложениях в силу их экранирующего эффекта граница руд четко очерчивается контактами брекчиевых тел.

С генетической точки зрения интересны наблюдения в брекчиях и фельзитах Перевальненского участка на Южном Алтае. Здесь в небольшом интрузиве фельзита участками присутствует довольно равномерная и весьма тонкая рудная сыпь. Под большим увеличением видно, что последняя представляет собой каплевидные включения сульфидов, имеющие грушеобразное, округлое и эллипсоидальное внешнее очертание. В центре включения находится кристаллик кубического пирита, вокруг которого размещается тонкое срастание агрегатов галенита, сфалерита, халькопирита и водных окислов железа. Эти включения погружены в неизменный стекловатый базис фельзита, плохо поляризующий свет. Фельзит с подобной рудной сыпью часто попадает в обломки брекчий, окружающих интрузив. Одновременно с этим в брекчиях наблюдается довольно интенсивное оруденение, наложенное на сильноизмененный цемент в виде прожилков, гнезд и вкрапленников тех же сульфидов, но имеющих более крупнозернистое строение. Сумма металлов в фельзите с тонкой рудной сыпью составляет в среднем 0,2—0,4%, а в брекчиях — 2,5—

3%. Совершенно очевидно, что в фельзите имеет место спигенетическая, захороненная в каплях первичного флюида рудная минерализация, а в брекчиях — та же руда, но уже в типичной гидротермальной фазе.

Известные масштабы месторождений, генетически связанных с порфировыми интрузиями, в частности с их краевыми и фронтальными брекчиями, незначительны. Запасы металлов в них измеряются десятками и первыми сотнями тысяч тонн при значительном колебании их средних содержаний (от долей до 10—15%). В целом скромно оценивая перспективы оруденения этого типа, следует сказать, что при преобладающей тенденции процессов рудообразования к формированию мелких месторождений, связанных с конкретными интрузивами порфиров и их брекчий, возможно образование сравнительно крупных скоплений руд с более богатым содержанием металлов в соответствующих условиях сочетания группировок интрузий с благоприятными рудоконтролирующими структурами.

Гидротермально-эксплозивные брекнии как наиболее рудоносные образования и как поисковый признак имеют особое практическое значение. По существу, во всех без исключения колчеданных и полиметаллических месторождениях, где эти брекнии отмечались, они всюду обнаруживают теснейшую пространственно-временную связь с оруденением. При этом брекнии ассоциируют либо непосредственно с промышленными залежами, либо с ореолами гидротермально-метасоматических изменений и вкрапленного оруденения, а в ряде случаев сами представляют рудные тела (Сандрг, Актюз и др.). На многочисленных примерах при изучении взаимоотношений гидротермально-эксплозивных брекчий и колчеданно-полиметаллического оруденения установлено, что из всех интрузивных образований рудного поля брекнии имеют наиболее тесную временную связь с процессами оруденения. При этом четко различаются три основных случая.

1. Брекнии образуются после завершения всех проявлений магматизма, включая дорудные дайки, но до главного предрудного массового метасоматоза. Околорудные гидротермально-метасоматические изменения и рудная минерализация накладываются на их цемент, который участками и зонами превращается в различные метасоматиты (березиты, пропилиты, кварц-хлорит-серпичитовые, кварц-серпичит-альбитовые и другие породы). Местами гидротермально измененная матрица

резорбирует обломки, проикая в них в виде залитов и прожилков. Рудные минералы присутствуют в цементе, образуя прожилки, гнездовые скопления и вкрапленность совместно с жильными новообразованиями. Наблюдались случаи интенсивного замещения матрицы рудными минералами. Судя по отрывочным опубликованным данным по Лениногорскому, Новозолотушинскому, Блявинскому, Александровскому и другим месторождениям, брекчии этой возрастной вилки имеют существенно эксплозивную газово-флюидную природу.

2. Брекчии внедряются после образования широкого ореола предрудных гидротермально-метасоматических изменений, но до отложения основной массы промышленных руд. Брекчии этой возрастной вилки имеют эксплозивно-гидротермальное происхождение, в полном смысле этого слова, и являются важнейшим поисковым признаком промышленного оруденения. В качестве обломков в них присутствуют различные метасоматиты и гидротермалиты с рассеянной вкрапленностью пирита и ранних сульфидов меди, цинка, реже свинца; в их числе встречаются почти мономинеральные и двух-трехкомпонентные метасоматиты (кварциты, серицитолиты, хлоритолиты, березиты, пропициты), эпидотизированные, карбонатизированные, цеолитизированные, гематитизированные породы, обломки жильных заполнений кварцевого, кварц-кальципатового и кварц-альбитового состава. Отмечались единичные обломки скарнов. Эти обломки присутствуют как в относительно свежей, так и в интенсивно измененной матрице. Более интенсивные изменения матрицы наблюдаются вблизи рудных тел, где она часто утрачивает первичный состав и структуру, превращаясь в агрегат вторичных минералов (кварца, хлорита, серицита, альбита, кальципата и др.) с гнездами, вкрапленностью и прожилками сульфидов. Нередко сульфиды занимают почти весь цемент, оставляя лишь реликтовые участки, а иногда замещают и обломки. По мере удаления от рудных тел интенсивность рудной минерализации в брекчиях уменьшается, а с приближением к сплошным сульфидным залежам — увеличивается. Наблюдаются также постепенные переходы между сплошными рудами и густо минерализованными брекчиями. Весьма интересные взаимоотношения подобного рода отмечались Ю. С. Бородаевым [31] на Блявинском рудном поле, где рудные тела либо контактируют с брекчиями, либо размещаются вблизи них, главным образом в породах всякого бока. На отдельных горизонтах Южной и Восточной линз руда на 20% состоит из незамещенных обломков брекчий. На Комсомольском месторождении в массе

руды присутствуют уцелевшие от замещения реликтовые участки брекчий. Здесь же в 100 м от руды залегают маломощные линзы брекчий, замещенных почти на 50% сульфидами, в то время как во вмещающих метасоматитах отмечается лишь убогая вкрапленность пирита. Авторы полагают, что залежи сплошных сульфидных руд в ряде случаев представляют собой эксплозивно-гидротермальные брекчиевые тела, внедрившиеся в возрастной вилке между прерудной кислотной стадией метасоматоза и массовым рудоотложением. При этом сплошные и густовкрапленные руды могут занимать не только отдельные участки и части брекчиевых залежей, но и весь их объем в пределах оптимального интервала концентрированного рудоотложения по вертикали. Следовательно, отдельные тела рассматриваемых гидротермально-эксплозивных брекчий по существу представляют рудовмещающие структуры.

3. Брекчии внедряются между различными стадиями рудоотложения. Это рудные или внутриминерализационные брекчии. В практике изучения колчеданно-полиметаллических месторождений они и служили предметом острых дискуссий и, естественно, привлекали пристальное внимание исследователей, хотя их роль в рудолокализации, с нашей точки зрения, относительно невелика. Анализируя имеющуюся литературу по брекчиям этого типа с учетом собственных наблюдений авторов, можно констатировать, что на колчеданно-полиметаллических месторождениях внутриминерализационные брекчии проявляются в несколько импульсов, о количестве и масштабах развития которых единого мнения не имеется. Но, несомненно, они проявляются между стадиями (этапами) более раннего массового отложения сплошных колчеданных и колчеданно-полиметаллических руд и последующего выпадения существенно полиметаллических руд. Этот импульс фиксируется во всех месторождениях, где подобные брекчии установлены. При этом в качестве обломков в брекчиях присутствуют сплошные и густовкрапленные руды ранних стадий, называемые рудными гальками, валунами, обособлениями и т. п. Среди них отмечены существенно пиритовые обломки с колломорфно-зональным (пирит — марказит-кварц), мелко- и крупнозернистым или бесструктурным строением, обломки сфалерит-пиритовых и сфалерит-халькопирит-пиритовых сплошных руд, а также колчеданно-полиметаллических руд на существенно кварцевой основе. Рудные обломки имеют округлую или несколько вытянутую, реже угловатую форму,

часто с характерными затеками в матрицу. Границы обломков обычно четкие, плавно извилистые. В ряде случаев наблюдается метаколлоидная полосчатость, которая в одних обломках повторяет внешние их контуры, а в других — срезается ими. Цемент этих брекчий, представленный сильноизмененным, перетертым материалом, содержит довольно равномерную вкрапленность, гнезда и прожилки сульфидов, в том числе минералы поздней стадии — сфалерит, халькопирит, блеклая руда и галенит. Последние замещают по краям рудные и породные обломки, а также пересекают последние в виде прожилков. Указанные особенности однозначно свидетельствуют о внутриминерализационном характере этих брекчий.

В. А. НАРСЕЕВ, Г. Б. ЛЕВИН

БРЕКЧИЕВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Брекчиевые образования в различных формах проявления представляют характерный атрибут всех золоторудных месторождений. Большая их часть априорно относится исследователями к тектоническим образованиям. На огромном числе примеров показано, что так называемые внутрирудные (интерминерализационные) брекчии являются обязательным элементом при формировании богатых руд. Значительно меньшая часть брекчиевых тел, особенно на месторождениях близповерхностных (эпитермальных), классифицирована как специфические образования, связанные с эксплозиями открытого или закрытого типа и определенным образом соотносящиеся с продуктами рудных стадий. Анализ литературных данных и материалов по золоторудным месторождениям Казахстана позволяет выделить среди брекчиевых образований две обширные морфологические группы: 1) брекчиевые трубы и тела иной формы; 2) участки брекчий в рудных телах. Первые эквивалентны, в смысле уровня иерархии, рудным телам и дайкам рудного этапа, вторые имеют подчиненное значение и развиваются только в пределах рудных тел, отражая детали процесса их формирования. Общим для брекчий обеих групп является механизм формирования — спонтанное фазовое расслоение, описываемый гидротермально-эксплозивной гипотезой П. Ф. Иванкина [74].

Брекчиевые образования близповерхностных месторождений

Процесс эксплозивного (большей частью открытого) брекчирования полно и многократно представлен на близповерхностных (эпитермальных) месторождениях, где впервые были установлены и описаны золотоносные брекчиевые трубки. К наиболее ранним описаниям относится характеристика брекчиевых трубок месторождения Криппль-Крик, где, по данным В. Эммонса [250], установлены многоэтапное формирование брекчий и высокопродуктивные брекчиевые рудные столбы (трубка Крессона и др.). Позднее аналогичные образования установлены на месторождении Акупан, Комсток, Маунт-Морган, Сэкэрэмб, Байя Спринг, Ключи, Балей, Кварцитовые Горки, Таскора и др. Брекчиевые тела изучены авторами на ряде близповерхностных месторождений вулканических поясов Казахстана — Архарлы, Далабай, Таскора, Кварцитовые Горки, Южный Кудер, Жосабай, Тургайское, Айлы и др.

Характерной особенностью этих месторождений является многоэтапное развитие брекчирования, начиная с дорудной и кончая пострудной стадиями. Дорудные эксплозивные брекчиевые трубки формировались на заключительных этапах становления субвулканических тел и вулканических жерл (некков). Они располагаются в зоне экзоконтакта этих тел, корнями уходят в субвулканические интрузии и являются типичными ореольными образованиями. Рудный гидротермальный этап характеризуется возникновением брекчиевых тел нескольких (или одной) стадий — от ранней рудоносной (стадия кварца I) через внутрирудные (собственно рудные) к пострудным. Брекчии этих стадий отличаются по геологическому положению, форме тел, составу обломков и цемента, степени гидротермальной переработки и масштабу. Из небольшой статистики следует, что масштаб брекчий последовательных стадий меняется в соотношении 1 : 10. Как будет показано ниже, это соотношение имеет генетическую природу. В приводимых примерах отмеченные особенности даны достаточно отчетливо.

На месторождении Криппль-Крик установлено четыре этапа эксплозивного брекчирования [250]. Дорудные брекчиевые трубки имеют значительные размеры (более 1 км в поперечнике) и сложены породами, состоящими из обломков кристаллических сланцев, гнейсов древнего фундамента, кислых эффузивов и туфов верхнего этажа, сцементирован-

ных лавами кислого и среднего состава. По их периферии расположены брекчиевые трубки рудного этапа, которые имеют значительно меньшее поперечное сечение (100—150 м), но протягиваются на большую глубину. Например, трубка Крессона, отработанная до глубины 600 м, содержала уникальные концентрации золота в виде теллуридов и свободного. Руда представляла собой обломки дорудной брекчии, сцементированные продуктивным кварцем и кварц-серицитовым материалом. Характерной особенностью рудной брекчии является полное отсутствие сортировки обломков по величине, высокая степень их изменения, развитие кварц-серицитового базиса. Распределение золота в брекчии весьма неравномерное и связано с проявлением брекчирования собственно продуктивной стадии. Бонанцы имели форму ветвящихся трубок, воронок и резко изометричных образований размером первые метры в трех измерениях. На месторождении проявилось порудное брекчирование в виде образования мелких трубок и линзовидных тел малой (первые метры) мощности, расположенных вдоль секущих все предыдущие структуры нарушенной радиальной ориентировки. В обломках послерудной брекчии отмечены богатые руды. Цемент представлен агрегатами халцедона, барита, целестина и карбонатов. При обработке месторождения установлено, что корневые части рудоносных брекчиевых трубок представлены зонами милонитов, входящими в апофизы нескрытых субвулканических тел фолонитов.

Детально изучены нами брекчиевые образования месторождений Архарлы. Оно приурочено к Архарлинской вулканоструктуре, сложенной вулканитами в основном среднего состава и располагающейся в пределах Южно-Джунгарской ветви Прибалхашско-Илийского верхнепалеозойского вулканогенного пояса. Возраст оруденения — пермо-триас. Рудные зоны приурочены к системе радиальных разломов и трещин оперения крупных субширотных разрывов. Дорудные брекчии образуют тела своеобразных «трахиандезитовых порфиритов». Они сложены разнообломочным несортированным материалом, сцементированным андезит-дацитовой лавой. В обломках преобладают андезитовые порфириты, реже отмечаются их туфы, базальтовые миндалекаменные порфириты, туфопесчаники. Размер обломков варьирует от первых сантиметров до первых метров. Характерной особенностью брекчии I является интенсивная калишпатизация обломков и в меньшей степени цемента. Окварцевание развито слабо, про-

пилитизация обычна. В составе обломков брекчии редко встречаются вторичные кварциты и кварц-серицитовые породы. По периферии брекчиевых тел «трахиандезитов» по системе радиальных разрывов располагаются серии рудных жил с участками золотоносных брекчий. Формирование последних протекало в три стадии и завершилось послерудным брекчированием.

В первую стадию брекчирования образуются линейные тела (сложные жилы), в которых пропилитизированные андезиты и их туфы цементируются серым тонкозернистым слабо-золотоносным кварцем. Развитие структур замещения и метасоматический характер кварца позволяют высказать предположение о полигенной природе брекчий II. Все последующие брекчиевые образования размещаются в участках раздува мощности и сочленения сложных жил первой стадии. Вторая стадия брекчирования выразилась в формировании трубообразных тел, состоящих из обломков пропилитизированных боковых пород и брекчий II, сцементированных кварц-адуляровым материалом. При этом отмечается калишпатизация пропилитовых обломков. Содержания золота в брекчии III рядовые. Высокопродуктивные руды связаны с мелкими трубками, струями и гнездовыми обособлениями брекчии IV. Она представлена массой, состоящей из обломков преимущественно брекчии II, III или кварц-адуляровой породы, сцементированных тонкозернистым кварц-полисульфидным агрегатом. Тела брекчии IV практически всегда располагаются в центральных частях рудных зон, однако в жиле 20а и 21 отмечены ее апофизы в боковые породы. Детальное картирование очистных выработок однозначно свидетельствует о самостоятельности проявления брекчий IV. Послерудное брекчирование V проявлено в образовании линзовидных и неправильных тел с цементом кварц-баритового и кварц-карбонатного состава, расположенных как в пределах рудных зон, так и вне их. Последнее определяет состав обломочной части брекчий.

На примере месторождения Архарлы удалось проследить не только последовательность процессов формирования брекчий, но и соотношение масштаба брекчирования, связав его с интенсивностью оруденения.

Очевидно, для брекчий рудного гидротермального этапа осуществляется концентрирование оруденения на порядок при аналогичном снижении их объема в процессе формирования оруденения. Это обстоятельство представляется нам од-

ним из важных свидетельств в пользу гидротермально-эксплозивной гипотезы происхождения рудоносных брекчиевых трубок.

Месторождение Тасгора приурочено к Байгоринской вулcano-тектонической депрессии Баканасского мегасинклиналя [61]. Дорудные брекчиевые образования (брекчии I) рудного поля представлены полукольцевыми телами (диаметр 500—600 м, мощность 20—150 м) и мелкими трубками (диаметр 50—100 м) центриклинального залегания. Брекчии представлены мелкообломочной породой. Состав обломков довольно разнообразен: порфириты андезитовые и базальтовые, плагиопорфиры, фельзиты и кварцевые порфиры, туфо-песчаники, углистые алевролиты и др. Размер их колеблется от 0,5—2 см до 1—2 м. При этом отмечается отчетливая дифференцированность с увеличением размеров обломков от центра к периферии трубки. Цемент брекчий фельзитовый, кварц-альбитовый и кварцевый (редко). Породы эти разными авторами классифицированы различно: вулканиты — туфы и туфолавы, жерловые образования, автомагматические брекчии, интрузивные игнимбриты и т. д. К ним близки по времени (несколько более поздние) брекчии трубок взрыва, образующие несколько овальных тел (80—100×10—30 м) в северной, западной и юго-восточной частях рудного поля. Породы, слагающие трубки, имеют грубообломочное строение (до 1—2 м в поперечнике) и совершенно не сортированы по размеру. В составе обломков установлены все породы, отмеченные на площади рудного поля, в том числе и брекчии I. Цемент представлен тонкодробленной массой тех же пород, окварцованным и серицитизированным стеклом кислого состава. Вслед за образованием брекчий I и II формируются дайки диабазовых порфиритов, кварцевых диоритовых порфиритов и порфиров. Рудные зоны приурочены к зоне контакта тел брекчий I. Для основной рудной зоны, сложенной кварц-адуляровой породой, характерно развитие на отдельных участках брекчиевых тел, относимых нами к рудной стадии. Рудные брекчии III образуют изометричные (в сечении) трубообразные тела. В составе обломков брекчий установлены вмещающие породы, в том числе брекчии I, кварц-адуляровые метасоматиты ранней рудной стадии. Цементируются они продуктивным кварцем колломорфной текстуры с сульфидами, золотом и поздним молибденитом. Часто состав цемента кварц-серицитовый. Дайки и рудные тела образуют конические пучки, корнями уходящие в апикальную часть субвулканической интрузии. В целом формирование месторож-

дения протекало в условиях нарастающих пароксизмов эксплозивного брекчирования, что привело к многоэтапному формированию брекчиевых тел, включая и образования рудной стадии.

На месторождении Кварцитовые Горки брекчиеобразование протекало в более глубинных условиях. Здесь не установлено брекчий позднемагматической стадии. Описанные ниже брекчиевые тела относятся к рудному этапу, тесно связаны с дайками и формировались в их экзоконтактах. Аксуйское рудное поле, в состав которого входит месторождение Кварцитовые Горки, расположено в узле сочленения двух глубинных разломов, ограничивающих выступ пород докембрийского фундамента. Специфическая геотектоническая позиция предопределила длительность и контрастность проявления магматизма — от гнабиссальных интрузий диорит-гранодиоритовой формации стешнякского комплекса (O_3-S) до субвулканических тел и экструзий кислого состава кайдаульского времени (D_{1-2}). Рудоносные брекчиевые тела месторождения залегают в вулканогенно-осадочной толще $Сm_3-O_1$ и тесно сопряжены с дайками снессартитов и диоритовых порфиритов. Брекчиевые трубки представляют собой рудные столбы, располагающиеся на фоне минерализованных пород.

Брекчиевые рудные столбы обычно приурочены к лежащему боку дайки диоритовых порфиритов, от которой они по серии трещин ответвляются по восстанию и, пересекая минерализованную зону, уходят к лежащему боку последней. В разрезе брекчиевые тела односторонне оперяют дайку диоритовых порфиритов. С глубиной количество ответвлений закономерно уменьшается, длина по восстанию их становится меньше, распространение по простиранию затухает. Большинство зон брекчирования в плане ориентировано параллельно дайке диоритовых порфиритов, находясь от нее на различных расстояниях или непосредственно контактируя с ней. Характер погружения рудных столбов чаще всего спокойный, но нередко брекчиевые тела приобретают сложн изогнутые формы, следуя флексурным перегибам пород.

Размеры брекчиевых тел варьируют в широких пределах: длина по простиранию и падению не превышает первой сотни метров, мощность их от 1 до 10 м. Наиболее четкая граница брекчиевых трубок наблюдается с всячей стороны, приуроченной к лежащему боку дайки диоритовых порфиритов или субмеридиональных послыйных трещин. Лежащий бок обычно имеет расплывчатые контуры и постепенно переходит в рас-

сланцованную минерализованную зону, не затронутую процессами брекчирования. Исключения составляют столбы, заключенные между близко расположенными параллельными трещинами, по одной из которых развивалось брекчирование, другая же являлась экраном. Обычно это наблюдается в головной части рудных столбов. Взаимоотношения последних с секущими северо-западными нарушениями во всех случаях одни и те же. Эти нарушения, как правило, являлись экранирующими структурами. Рудные столбы в контакте с ними «растекаются» по плоскости экрана. Иногда между такими близко расположенными структурами брекчиевые тела приобретают в плане почти прямоугольные очертания.

Соотношение даек и брекчиевых рудных столбов различно. Чаще всего брекчиевые тела развиты в лежащем боку даек и экранируются ими. В других случаях зоны брекчирования образовались в всяческом контакте спессартитов. Вопрос о взаимоотношении даек диоритовых порфиритов и спессартитов до сего времени окончательно не решен. Не установлен, например, характер пространственных взаимоотношений этих жильных образований на глубине. Однако для обеих разновидностей замечена тенденция сближения по мере погружения рудного тела. Это особенно отчетливо видно на горизонте 134 м в орте № 12 на юго-западном фланге рудного тела, где диоритовые порфириты, спессартиты и приуроченные к ним с лежащего бока брекчиевые тела располагаются в непосредственной близости (3—4 м вместо 20—27 м на верхних горизонтах). Не вызывает сомнения, что весь процесс рудообразования заключен в узкой вилке между внедрением спессартитов и диоритовых порфиритов. Причем последние формировались, вероятно, одновременно с брекчиевыми рудами, о чем свидетельствует их тесная пространственная связь, а также значительные изменения и минерализация золотом.

Рудная минерализация месторождения как в минерализованной зоне в целом, так и в отдельных брекчиевых телах представлена главным образом пиритом, арсенопиритом и тесно связанным с ними субмикроскопическим золотом. Некоторая часть последнего (до 40%) находится в свободном, но дисперсном состоянии. Только в пределах брекчиевых столбов установлены минералы полиметаллической стадии (сфалерит и блеклые руды) и поздней карбонатно-сурьмяной (антимонит, реальгар, аурипигмент и киноварь). Необходимо отметить, что нахождение последних трех минералов — явление необычное. Возможно, эта стадия связана с проявлением

брекчирования и минерализации в кайдаульское время. Рядовые руды минерализованной зоны представлены окварцованными и пиритизированными тонкорассланцованными серицит-хлоритовыми сланцами. Слагающая брекчиевые столбы руда состоит из грубоокатанных обломков пород этой зоны, сцементированных (помимо перетертых до муки тех же пород) серым кварцем, тонкозернистыми золотоносными сульфидами, хлоритом и графитистым материалом. Распределение золотого оруденения Кварцитовых Горок, несомненно, зависит от пространственной ориентировки и морфологии брекчиевых рудных столбов и характеризуется следующими особенностями: ореол распространения золотоносной минерализации сужается с погружением рудного тела, приобретая на глубине округлые изометричные формы; максимальная концентрация золота прослеживается диагонально в плоскости рудного тела, имея крутое северо-западное склонение. Наиболее обогащенные золотом участки располагаются прерывисто, чередуясь с обедненными, но с глубиной его содержание становится постоянным.

Брекчиевые трубки имеют зональное строение. В горизонтальной плоскости (по мощности) обычно наблюдаются три зоны. Всякий бок рудного столба представлен слабо перетертыми, но сильно измененными сланцами с почти полностью нарушенной слоистостью. Среди них отчетливо выделяются остроугольные и слегка окатанные ксенообломки графитизированных пород, гнезда и прожилки средне- и тонкозернистых золотоносных сульфидов. Разрыхленная масса первой зоны сцементирована серым кварцем. Мощность ее небольшая, содержание золота несколько выше, чем в рассланцованных и минерализованных окружающих породах. Зона слабобрекчированных руд переходит во вторую — центральную, интенсивно брекчированную зону, сложенную грубоокатанными обломками разнообразного петрографического состава. Подчиненное значение имеют обломки андезитовых и базальтовых порфиритов, спессартитов и кремнистых известняков, т. е. пород висячего и лежащего боков, перемещенных на значительные расстояния. Размеры обломков брекчии варьируют от 5—10 до 400 см. Они сцементированы темно-серой, перетертой до муки массой тех же пород с включением большого количества тонкозернистых золотоносных сульфидов, кварца, хлорита и графита. Иногда между отдельными обломками цемент рассланцован и перемят. Мощность центральной части брекчиевой зоны 4 м. Содержание золота в несколько десятков раз выше, чем за пределами области

брекчирования. Центральная часть брекчиевых трубок постепенно сменяется третьей зоной — слабобрекчированных руд лежащего бока. Она переходит в рассланцованные породы, содержащие рядовые и бедные руды.

Вертикальная зональность характеризуется следующими особенностями. Корневая часть каждой брекчиевой зоны представлена милонитами — перетертой до муки и тонкорассланцовой массой, состоящей из андезитовых порфириров и кремнисто-хлоритовых сланцев. Дополнительному окварцеванию зона почти не подвержена, золотоносный шпирит развит непосредственно в этой рыхлой массе. Средняя, наиболее протяженная зона представлена рудной брекчией с вышеописанной горизонтальной зональностью. Третья, фронтальная зона рудного столба построена наиболее интересно. Она сложена кварц-сульфидным телом мелкобрекчиевой текстуры, расслоенной на две части. Самая верхняя сложена серым кварцем с незначительной вкрапленностью сульфидов. Средняя и особенно нижняя части третьей зоны представлены густовкрапленными до сплошных сульфидными рудами, в которых крупные, давленные, с зональным строением кристаллы пирита сцементированы кварцем, содержащим тонкораспыленные сульфиды. Кварц в третьей зоне иногда сохраняет колломорфную текстуру. Размеры кварц-сульфидных тел по мощности и падению невелики. Форма их жилкообразная, седловидная. Границы с вмещающими породами резкие. Содержания золота в чисто кварцевой части зоны убогие, в то время как в обогащенной сульфидами — самые высокие для брекчиевых тел. Особенности морфологии и внутреннего строения, распределение золота, а также взаимоотношения с вмещающими породами позволяют предположить образование тел третьей зоны из высококонцентрированных кварц-сульфидных золотосодержащих растворов, претерпевших расслоение. Рассматривая в целом распределение золота в рудном теле, можно отметить возрастание его содержания и запасов во фронтальной части тела. Интересной особенностью описываемого месторождения является развитие минерализации антимонитовой стадии, наложенной на все предшествующие образования. Она связывается нами с проявлением нового этапа оруденения, ассоциирующего с субвулканическими телами девона. К ним относятся дайки базокварцевых порфириров и пространственно совмещенные с ними тела «туффизитов», аналогичные описанным Н. А. Фогельман [207] для Бадея. Эти дайки весьма сходны с развитыми на золото-сурь-

мяном месторождении Тургай, где они также сопровождаются мелкими телами брекчий.

Приведенное выше описание золотоносных брекчий позволяет рассматривать их генезис в свете эксплозивно-гидротермальной гипотезы П. Ф. Иванкина. Характерные особенности брекчиеобразования, которые устанавливаются на месторождении Аксу, следующие: месторождение сформировано в условиях малых глубин (не более 1 км); брекчиевые тела и золотоносные жилы смежного участка являются спутниками дифференцированных и сложных по фациальному строению интрузий степнякского типа, формировавшихся в особых тектонических условиях; брекчиевые тела развивались в надынтрузивной зоне штока диоритов степнякского типа; как интрузии, так и сопутствующие им брекчиевые тела формировались в заключительную стадию магматизма в условиях сквозных структур высокой подвижности; форма брекчиевых тел в целом весьма характерна: они образуют сужающуюся книзу воронку; дайки обнаруживают отчетливое сходжение к корневой части брекчиевых тел; максимальное количество рудного вещества отлагалось во фронтальной части воронкообразной структуры, в области максимального расхождения контура брекчиевых тел (в этом отношении устанавливается полная аналогия с месторождениями других металлов).

Все указанные особенности могут быть удовлетворительно объяснены, исходя из представления о взрывообразном фазовом расслоении рудной магмы в резко гипабиссальных условиях. Можно полностью присоединиться к высказыванию П. Ф. Иванкина о том, что «эксплозии закрытого типа являются одним из распространенных способов рождения гидротермальных рудообразующих систем».

Историю формирования рудоносных брекчиевых тел можно представить в виде следующих основных этапов.

Первый этап. Внедрение в ослабленную зону магмы состава кварцевый диорит — гранодиорит. Формирование в надынтрузивной зоне колонны слабозмененных и минерализованных пород (предрудная, добрекчиевая стадия).

Второй этап. Взрывообразное отделение летучих, связанных с фазовым расслоением расплава. Брекчирование, внедрение даек спессартитов. Слабая минерализация.

Третий этап. Дайки диоритовых порфиритов. Внедрение «рудного высококонцентрированного флюида». Брекчирование в связи с фазовым расслоением флюида.

Четвертый этап. Поликонденсация, отделение растворителя. Слабые постдайкивые изменения. Перекристаллизация. Затухающие поступления дистиллятов консолидирующегося в корневой части рудно-магматического пучка массива диоритов. Перераспределение компонентов рудных тел.

Пятый (?) этап. Внедрение даек базокварцевых порфиров. Формирование «туффизитов». Образование антимонитовой минерализации.

Кварцитовые Горки, относимые ранее к типу золотоносных вторичных кварцитов или минерализованных зон, являются типичными брекчиевыми образованиями, сформированными в результате закрытых эксплозий на небольшой (менее 1 км) глубине. Такая трактовка генезиса руд позволяет, на наш взгляд, наиболее правильно понять и объяснить морфологию рудных тел, зональность минерализации. Мировая практика изучения и эксплуатации месторождений типа брекчиевых трубок дает основание считать, что вертикальный размах оруденения на изученном месторождении составит не менее 1 км. Наличие «слепых» брекчиевых тел расширяет перспективы на глубину. Необходимо заметить, что брекчиевые трубки и тела могут сопровождаться в своей апикальной части кварцевыми и кварц-сульфидными жилами и прожилками, локализующимися на ограниченной площади в радиально-концентрических трещинах, зонах S-образных отслоений и другой мелкой тектоники.

Брекчии гипабиссальных месторождений

Брекчиевые тела на месторождениях гипабиссального уровня становления встречаются менее часто. Они характерны прежде всего для золоторудных месторождений турмалиновой формации. К ним относится Ключевское рудное поле, Илинское месторождение, Дарасун и ряд объектов Центрального Казахстана [3, 16, 26, 122, 137, 196, 206, 207, 208].

В Казахстане они установлены на месторождении Бестюбе, которое относится к формации убогосульфидных руд кварцево-жильного морфологического типа. Системы золотоносных кварцевых жил выполнения генетически связаны с телами малых интрузий диоритового ряда степнякского комплекса, прорывающими туфогенно-осадочные образования нижнего ордовика. Работами последних лет (К. Глеубергенов и др.) на месторождении выявлен новый тип прожилково-вкрапленного золотого оруденения, локализованного в трубообразном теле брекчий. Отличительной чертой этого типа яв-

ляется чрезвычайно выдержанное и крайне равномерное распределение содержания золота. Брекчиевое тело округлой формы приурочено к полосе гидротермально измененных пород (березитов), развитых в северо-западном экзоконтакте диоритовой интрузии. Оно расположено в апикальной (фронтальной) части апофизы интрузии и контролируется узлом пересечения субмеридионального и субширотного разломов. Контакты брекчий с вмещающими породами резкие. Падение их от вертикального (юго-западный контакт в кварцлагге, горизонт 295 м) до крутого ($60-75^\circ$) встречного (горизонт 340 м). Северо-западный контакт более пологий и погружается на юго-восток под углом 40° . Склонение тела крутое на юго-восток. Фигуру тела брекчий, в пределах вскрытой подземными выработками части, можно описать как конус, обращенный основанием вверх (рис.).

В строении брекчиевого тела устанавливается зональность, выраженная последовательным увеличением крупности обломков от 3 см в центральной части до 20—30 см на периферии. В этом же направлении возрастает степень угловатости слагающего брекчию материала. Цементирующая масса породы имеет тот же состав, что и обломки. В последних преобладают вулканиты среднего состава, реже встречаются алевриты.

Вулканиты среднего состава (туфы кристаллолитокластические), в различной степени дробленные, участками с характерной брекчиевой структурой, зеленовато-серого цвета. Окраска породы неравномерная и зависит от степени гидротермальной проработки. Обломки резко угловатой формы, размером от 0,4—0,8 мм до 5×7 см, в разной степени катаклазированы. Метасоматическое окварцевание и карбонатизация проявлены незначительно. Цемент породы кварц-карбонатно-состава, с убогой сульфидной минерализацией.

Под микроскопом обломочная (кластическая) часть породы представлена кварцем, глинистым материалом, сильно измененными порфиритами и в меньшей степени измененным плагиоклазом. Местами выделяются слойки, обогащенные обломочным кварцем или плагиоклазом, что обуславливает слабовыраженную микрополосчатую текстуру. Размеры обломков до 0,2 мм, форма их чаще угловатая, реже слабоокатанная.

Обломки минералов и пород погружены в связующую массу первично глинистого состава, но интенсивно преобразованную вторичными процессами. Обломки кварца в породе не

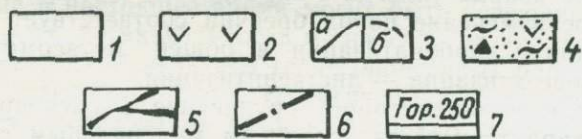
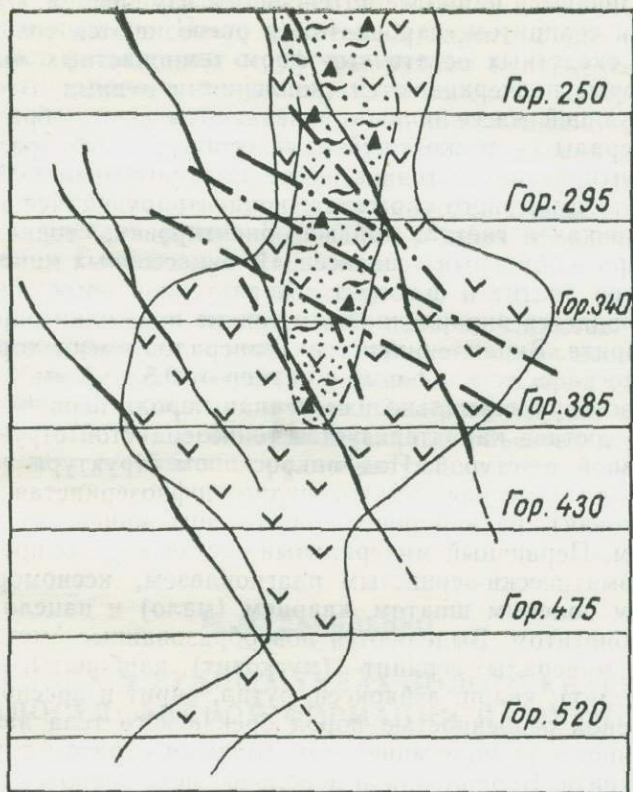


Рис. 1. Золотоносная брекчиевая трубка Западного участка месторождения Бестюбе:

1 — песчано-сланцевые отложения ордовика; 2 — диориты; 3 — контакты брекчиевой трубки (а — прослеженные; б — предполагаемые); 4 — золотоносная взрывчатая брекчия; 5 — золотоносные кварцевые жилы; 6 — тектонические нарушения; 7 — подземные горные выработки

изменены, а обломки плагиоклаза и глинистых пород замещаются вторичным карбонатом и сернистым. Обломки порфи-

ритов отличаются наиболее интенсивным изменением. Они замещаются серицитом, карбонатом и распознаются только по наличию скелетных остаточных форм темноцветных минералов, которые подчеркиваются скоплениями рудных. В основной связующей массе породы развиваются вновь образованные минералы — тонкочешуйчатый серицит с субпараллельной ориентировкой листочков, железисто-магнезиальный карбонат пелитоморфного сложения, концентрирующийся в мелких линзочках и гнездах той же ориентировки, тонкозернистый кварц и обильный лейкоксен. Из аксессуарных минералов отмечаются апатит и флюорит. Характерной особенностью породы является вкрапленность и тонкие прожилки пирита и арсенопирита. Вкрапленники этих минералов имеют хорошую кристаллографическую форму и размер от 0,5 до 1 мм.

Сильно гидротермально измененная порода первично диоритового состава характеризуется тонкозернистой структурой и массивной текстурой. Под микроскопом структура породы полнокристаллическая микрогипидиоморфнозернистая (микродиоритовая), размер породообразующих минералов от 0,5 до 1,0 мм. Первичный минеральный состав породы представлен призматически-зернистым плагиоклазом, ксеноморфным калиевым полевым шпатом, кварцем (мало) и начело измененным биотитом. Выделяются новообразованные метасоматические минералы: серицит - (мусковит), карбонаты (доломит, анкерит), кварц, лейкоксен, рутил, пирит и арсенопирит. Характерной особенностью пород брекчиевого тела является вкрапленность рудных минералов, главным образом пирита и арсенопирита. Вкрапленники довольно часто сопровождаются оторочками кварца (иногда с карбонатом) и хлорита. Гидротермальное изменение пород брекчии соответствует зоне серицитизации и карбонатизации в общей метасоматической колонке березитизации — лиственнитизации.

Прожилково-вкрапленное оруденение в брекчированных породах характеризуется сложным минеральным составом. Здесь установлены следующие рудные минералы: пирит, арсенопирит, марказит, пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит, блеклая руда, самородные — мышьяк, золото, серебро, сульфосоли мышьяка и серебра — прустит (?), пираргирит (?). Незначительно распространены пирит и арсенопирит. Изучение минерального состава брекчиевой трубки месторождения позволило выявить несколько парагенетических ассоциаций. В рудах наиболее широко распространена ранняя рудная пирит-арсенопиритовая ассоциация с золотом, пирротинном и халькопиритом. Метакристаллы пирита и арсенопи-

рита, как правило, развиваются на месте аксессуарных железистых минералов. Часто при этом в пирите и арсенопирите возникают решетчатые структуры рутила и лейкоксена. Отложение пирротина, халькопирита и золота в ранних сульфидных рудах в какой-то мере отставало от кристаллизации пирита и арсенопирита. Следующей по времени выделения является кварц-полиметаллическая ассоциация с золотом. В этой продуктивной ассоциации отмечаются наиболее тесные сростания золота с блеклой рудой. В поздних рудных образованиях в ассоциации с кварцем и кальцитом присутствуют блеклая руда, самородное серебро и сульфосоли серебра и мышьяка. В отношении золота наибольший интерес представляют пирит-арсенопиритовая и кварц-полиметаллическая ассоциации. Таким образом, брекчиевые образования являются характерными для месторождений золота. Они развиты как на близкоповерхностных, так и на гипабиссальных объектах и отражают динамику становления рудообразующих гидротермальных систем.

Н. М. ДАВИДЕНКО

О БРЕКЧИЯХ В РУДНЫХ ТЕЛАХ ЗОЛОТО-КВАРЦЕВОЙ МАЛОСУЛЬФИДНОЙ ФОРМАЦИИ НА ЧУКОТКЕ

Известные на золоторудных проявлениях Чукотки минерализованные брекчии из-за слабой изученности месторождений на глубине в настоящее время могут быть освещены лишь в общих чертах, но актуальность и значение их анализа совершенно очевидны. Результаты геологопоисковых работ последних лет Северо-Восточного геологического управления и тематических исследований автора позволяют считать, что Чукотская складчатая система мезозонд представляет весьма интересную геолого-металлогеническую зону. В ее пределах отмечаются разнообразные по составу, строению и генезису золоторудные проявления, для которых одним из эффективнейших поисковых критериев служат своеобразные минерализованные брекчии.

На рассматриваемой территории для золоторудных месторождений плутогенного класса, в частности для главного россыпеобразующего арсенопиритового минерального типа золото-кварцевой малосульфидной формации, характерны локаль-

но развитые минерализованные брекчии жильной массы. Они состоят преимущественно из грубопластинчатых или пластинчатых обломков — агрегатов крупнозернистого кварца, в меньшей мере — шеелита, арсенопирита и других ранних минералов, которые цементируются главным образом мелкозернистым кварцем, реже магнезиально-железистыми карбонатами, а также прожилково-вкрапленными и гнездовидными образованиями галенита, самородного золота и т. д. Размеры обломков до 1 см. На участках брекчирования руд в жилах содержатся многочисленные пластинчатые (длиной до первых метров) и линзовидные, субпараллельные зальбандам, включения боковых пород с обильной вкрапленностью арсенопирита.

Минерализованные брекчии региона более или менее детально изучены на примере одной из линейных рудных зон, типичных для Чукотской складчатой системы мезозонд [57, 194]. Эта зона вытянута на десятки километров в северо-западном направлении согласно простиранию крупных тектонических структур. Она занимает юго-западный фланг Кэпэрвеевского горст-антиклинального поднятия, выделяющегося среднегорным рельефом на территории Анюйской складчатоглыбовой зоны и приурочена в основном к внутренней части приподнятого по разлому блока Кэпэрвеевского горста, ограниченного с северо-востока Каральвеевским глубинным разломом.

Рудная зона объединяет ряд золотоносных участков и на северо-западе примыкает вплотную к экзоконтакту относительно небольшого выхода Пырканийского интрузива биотитроговообманковых гранодиоритов и гранитов мелового возраста. Она с северо-востока ограничена Каральвеевским взбросом, который, судя по тектоническим контактам различных триасовых отложений, характеризуется амплитудами смещений до нескольких сотен метров и имеет юго-западное падение под углом около 60° . Юго-западные границы рудной зоны нечеткие (вследствие постепенного затухания гидротермальной минерализации), а юго-восточные — еще недостаточно изучены. Рудная зона и ее окрестности сложены в основном интенсивно дислоцированной песчаниково-сланцевой толщей триасовых габбро-диабазов в узкие крутые складки северо-западного простирания. Толща интродирована серией поздне-мезозойских даек среднего и кислого состава, а на северо-западной окраине зоны — меловыми гранитоидами. Возраст ее

золотой минерализации, судя по общегеологическим данным и результатам анализа мусковита калий-аргоновым методом, позднемеловой [55].

В зоне долгоживущего Каральвеевского глубинного разлома выделяется ряд главных тектонических нарушений северо-западного простирания. Они сопровождаются субпараллельными и опережающими дизъюнктивами, имеющими определенное раствороподводящее и рудоконтролирующее значение. Места особо интенсивного и многократного проявления таких дизъюнктивов обладают и повышенной золотоносностью. Они характеризуются наличием в жилах своеобразных рудных столбов или кустов, представляющих собой локальные минерализованные брекчии жильной массы с прожилково-гнездовидными скоплениями самородного золота. Рудные тела данной золотоносной зоны представлены свитой жил выполнения, имеющих резкие, прямые контакты и многочисленные апофизы. Наиболее протяженные из них приурочены к тектоническим нарушениям северо-западного простирания и в длину достигают первых сотен метров. К ним иногда причленяются более короткие (не превышающие первые сотни метров) жилы, контролируемые субширотными, реже северо-восточными тектоническими трещинами. Известные жилы обычно четковидные, на отдельных интервалах — плитообразные. Они часто образуют раздувы и пережимы до проводников. Мощность жил варьирует от 0,2—0,5 до 1,5—2,0 м, а в раздувах достигает 3,5—5,0 м. Все выявленные жилы северо-западного простирания¹ имеют северо-восточное падение под углами 45—65°. Субширотным жилам присуще крутое южное падение; иногда они близки к вертикальным, а северо-восточные жилы падают под средними углами на северо-запад.

Текстура руд массивная, вкрапленно-полосчатая или гнездовидно-полосчатая, прожилковая, брекчиевая, друзовидная и т. п. Структура руд в основном крупно- и среднезернистая, реже мелкозернистая.

Золотоносные жилы окаймляются хорошо выраженными в габброидах (слабее в других породах) зонами лиственнитизации с новообразованиями магнетитово-железистых карбонатов, кальцита, кварца, арсенопирита, альбита, хлорита, серицита и т. п.

Промышленные контуры рудных тел, как правило, ограничиваются зальбандами жил, а иногда захватывают и призальбандовые части зон околожильных изменений с обилием кварцевых прожилков. В жильной массе 96—98% занимает

крупно- и среднезернистый молочно-белый кварц с характерным блоковым, волнистым, облачным и т. п. погасанием. В жильном кварце изобилуют многофазовые микровключения, ранние из которых гомогенизируются в газовую, а остальные преимущественно в жидкую фазу при температуре около 350—370°C [56]. В золоторудных телах часто встречаются друзы длиннопризматических и скопления двувршинных кристаллов горного хрусталя, составляющего около 0,5—0,7% объема жил.

На промышленных интервалах рудных тел в крупнозернистом молочно-белом кварце наблюдаются серни преимущественно субпараллельных зальбандам и нередко разветвляющихся тонких прожилков мелкозернистого голубовато-серого кварца с газово-жидкими включениями, гомогенизирующимися в жидкую фазу при температуре около 150—250°C. В этих прожилках содержатся гнездовидные и прожилковые образования магнезиально-железистых карбонатов, мелкочешуйчатого мусковита, а также главные скопления видимого золота, галенита, сфалерита, реже халькопирита и других минералов, образующих продуктивную ассоциацию золотых месторождений района. Из менее значительных гипогенных минералов в рудных телах встречаются (в порядке убывания содержания): арсенопирит, кальцит, анкерит, доломит, шеелит, раухтопаз, хлорит, пренит, диксит, каолинит, полевошпат, минералы эпидот-цоизитовой группы, рутил и пирит. В друзовых полостях и по трещинам в рудных телах на глубинах до первых сотен метров от дневной поверхности часто присутствуют лед и скопления таких гипергенных минералов как лимонит, гетит, псиломелан, пиролюзит, скородит, гипс, гидромусковит и т. п. Иногда в выветрелой руде имеют место небольшие количества литицита, тунгстита, мелаитерита, миметезита, малахита, азурита, ковеллина, хризоколлы, борнита и халькозина.

Следует подчеркнуть, что в распределении минеральных парагенезисов рудных тел весьма важная роль принадлежит тектоническим нарушениям, среди которых по особенностям деформаций различных минеральных ассоциаций установлены предрудные, интратрудные и пострудные нарушения. Предрудные и интратрудные тектонические нарушения подчинены единому эллипсоиду напряжения, ориентированному в северо-западном направлении согласно простиранию Каральвеевского разлома. Они, вероятно, связаны с главным Каральвеевским разломом и по отношению к нему подразделяются на

продольные северо-западные, диагональные субширотные и поперечные северо-восточные. Предрудные нарушения обычно представлены узкими (до первых десятков метров), протяженными на многие сотни метров зонами расщепления с неравномерной трещиноватостью. Они контролируют золотородные тела, обычно проявляясь и на некотором продолжении выклинивающихся жил. Продольные северо-западные разрывы часто тяготеют к контактам пластовых тел габбро-диабазов с осадочными породами. Они в плане согласные, реже кососекущие по отношению к слонстым толщам, а в разрезе круто секут габбро-диабазы, имея встречное к ним северо-восточное падение. Амплитуды вертикальных смещений по этим разрывам измеряются первыми метрами, изредка первыми десятками метров. Субширотные и северо-восточные нарушения представлены зонами повышенной трещиноватости мощностью до первых десятков метров. Они иногда прилегают к зонам нарушений северо-западного простирания и, вероятно, совместно с ними являются следствием двусистемного скола, связанного с эволюцией Каральвеевского глубинного разлома. Некоторые субширотные и северо-восточные дизъюнктивы имеют крутое южное, реже юго-восточное падение или близки к вертикальным, а другие, контролирующие важные золотоносные жилы, со средними углами падают в северо-западном направлении. Амплитуды горизонтальных смещений по субширотным нарушениям, судя по блокам габбро-диабазов, достигают первой сотни метров, а по северо-восточным варьируют около первых метров.

По характеру деформаций различных минеральных ассоциаций жил и ксенолитов боковых пород можно заключить, что предрудные нарушения унаследовались интратрудными тектоническими подвижками. Причем к участкам наиболее значительных предрудных деформаций приурочены и многократные, самые интенсивные интратрудные тектонические нарушения. Они в начальный период формирования жил выражались в проявлениях разрывных трещин, вызвавших отщепления и захват жильной массой крупных, субпараллельных зальбандам пластин сульфидизированных и окварцованных боковых пород. Позже, во время кристаллизации основной части крупнозернистого молочно-белого кварца и других ранних минералов, судя по взаимоотношениям их генераций, имели место разрывные и сколовые трещины со смещениями, редко превышающими первые сантиметры. Определенный тектонический контроль продуктивной ассоциации свидетель-

ствуется о том, что зарождению прожилков мелкозернистого голубовато-серого кварца, с которым ассоциирует основная масса самородного золота и его спутников, предшествовало возникновение весьма значительных сколовых трещин, вызвавших широкое развитие зеркал скольжения с наложенной минерализацией. Эти трещины в основном ориентированы субпараллельно зальбандам и по характеру движений отвечают взбросам с амплитудами около первых метров.

Следует подчеркнуть, что довольно интересные рудные кусты района приурочены к местам максимальной интенсивности интратрудной тектоники и соответствующего развития минерализованных брекчий. Так, один из участков золоторудных кустов, выявленный в жиле северо-западного простирания на глубине около 150 м от дневной поверхности, находится в интервале необычайно сильного проявления целого ряда систем интратрудных трещин. Среди них наиболее хорошо выражены продольные трещины с азимутом простирания 280° и северо-восточным падением под углом 70° , а также трещины с азимутом простирания 330° и северо-восточным падением под углом 30° . Менее развиты здесь трещины, имеющие следующие характеристики: азимут простирания 30° , падение юго-восточное под углом 45° ; азимут простирания 260° , падение юго-западное под углом 45° ; азимут простирания 260° , падение юго-западное под углом 80° . Большинство из отмеченных систем трещин в плане более или менее субпараллельны зальбандам жил или являются косесекущими, а по падению рудных тел они могут пересекаться. Подобные, вероятно, пересекающиеся на глубине системы трещин контролируют и другие известные золоторудные кусты, которые находятся в своеобразных структурных «воронках». Центральные части таких «воронок» состоят в основном из сильнокатаклазированного, крупнозернистого молочно-белого кварца и других минералов, которые цементируются мелкозернистым голубовато-серым кварцем нормального погасания, ассоциирующего с видимым золотом, галенитом, магнетитом-железистыми карбонатами и другими минералами продуктивной ассоциации.

Пострудная тектоника района подчинена своему, совершенно иному плану деформаций. Она проявлена главным образом в развитии сколовых трещин северо-восточного направления, которые имеют взбросо-сдвиговой характер и разбивают рудные тела на блоки длиной от 50 до 200 м. Ампли-

туды смещений по этим дизъюнктивам редко превышают первые десятки сантиметров и лишь иногда достигают 10—15 м.

Таким образом, выясняется, что на территории развития Чукотской складчатой системы мезозойд в месторождениях золото-кварцевой малосульфидной формации плутогенного класса важная рудоконтролирующая роль принадлежит локальным, иногда воронкообразным проявлениям тектонических минерализованных брекчий, детальное исследование которых весьма перспективно в научном и практическом отношении.

Примечательно, что на данной территории для рудопроявлений вулканогенного класса, представленных здесь главным образом золото-серебряно-кварцевой и золото-сурьмяно-кварцевой умеренно сульфидной формациями, характерны совершенно иные брекчии. Они обычно занимают более протяженные интервалы по простиранию рудных тел, как правило, содержат большое количество угловатых обломков эффузивных или субвулканических и осадочных пород со следами преимущественно низкотемпературного гидротермального метаморфизма. Цементом в них является кварцевая, реже полевошпат-кварцевая и карбонат-кварцевая мелкозернистая масса с вкрапленными, прожилково-вкрапленными, гнездовидными и т. п. образованиями рудных минералов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авров Д. П., Бараиова Г. И. Вулканогенные брекчии хр. Сары-Тау (Южный Алтай). Булл. научно-технич. информ. Министерства геологии и охраны недр. М., № 7, 1957.
2. Ажгирей Д. Г., Ажгирей Р. М., Коробов В. В. Геолого-петрографические особенности порфировых интрузий юго-восточной части Рудного Алтая. Изв. ВУЗов. Геология и разведка, № 7, 1968.
3. Алекторова Е. А., Зорина В. С. Вулкано-тектоническая Котан-эмельская структура и связь с ней золотого оруденения. Сб. Эволюция вулканизма в истории Земли. М., 1973.
4. Антипов Г. И., Иващенко М. А., Корабельникова В. В., Косыгин М. К., Кузнецов Г. А., Пекарин П. М., Росляков Г. В., Страхов Л. Г. Ангаро-Илимские железорудные месторождения. М., Госгеолтехиздат, 1960.
5. Афонин Ю. А. Природа брекчий Хинганского оловорудного месторождения. Сб. Новые данные по магматизму и минерализации в рудных районах СССР. М., «Наука», 1971.
6. Атлас литейных пороков, т. I—II, ЦБТИ. М., 1957—1958.
7. Афоничев Н. А. Основные этапы развития Джунгаро-Балхашской геосинклинальной системы. Сов. геология, № 2 и 3, 1967.
8. Бакулин Ю. И. Эксплозивные гидротермально измененные брекчии одного из оловорудных месторождений Приамурья. В кн. «Магматические и метаморфические комплексы Дальнего Востока СССР». Хабаровск, 1967.
9. Баратов Р. Б., Кухтиков М. М., Мушкин, И. В., Брейвинская В. М., Кутенец В. А. Вулканические трубки взрыва и некоторые особенности глубинного строения Южного Гиссара. Душанбе, «Дониш», 1970.
10. Башкиров Б. Г. К вопросу генезиса свинцово-цинковых месторождений Джунгарского Алатау. Сов. геология, № 3, 1961.
11. Белов И. В. Кайнозойская трахибазальтовая формация Азии. Междунар. геол. конгресс, XXII сессия. М., 1964.
12. Белькова Л. Н., Огнев В. Н., Семенов А. И. Две гипотезы о генезисе полиметаллического оруденения на Алтае. Изв. АН СССР, сер. геол., № 1, 1954.
13. Берзина А. П., Сотников В. И. О физико-химических особенностях рудообразующих растворов Сорского месторождения. Сб. Минералогическая термометрия и барометрия, т. I, М., «Наука», 1968.

14. Берман Б. И. Кристовулканическая мобилизация и ее роль в создании рудоносных комплексов. Сов. геология, № 4, 1973.
15. Билибин Ю. А. Некоторые наблюдения в одной брекчиевидной кварцевой жиле. Избр. тр., т. 2, М., Изд. АН СССР, 1959.
16. Биндеман Н. Н. Случай проявления постмагматической минерализации в связи с трубками взрыва газов в Восточном Забайкалье. Тр. ЦНИГРИ, вып. 40, М., 1961.
17. Бобохов А. С. О природе некоторых обломочных пород вулканогенного облика среди девонских отложений западного крыла Магнитогорского синклиория. Сб. Базальтоидный магматизм и его металлогения. Второе Уральское петрографич. совещ. (тезисы докл.). Свердловск, 1966.
18. Бобохов А. С. Эксплозивные брекчии некоторых рудных полей колчеданных месторождений восточного склона Южного Урала. Сб. Матер. юбилейн. научн. сессии по вопр. геологии Южного Урала и Русской платформы. Уфа, 1967.
19. Бобохов А. С., Уразаев К. А. Магматогенные брекчии кислого состава на месторождении им. XIX партсъезда. В кн. «Петрология горных пород, вмещающих сульфиды, месторожд. Южного Урала», вып. 8. Уфа, 1971.
20. Бобривич А. Д., Харьков А. Д., Пожидиева В. Ф. Геологическая характеристика кимберлитовой алмазоносной трубки Мир. Бюлл. научно-технич. информ., № 3 (8). М., Госгеолтехиздат, 1957.
21. Бобривич А. П., Бондаренко М. Н. и др. Алмазные месторождения Якутии. М., Госгеолтехиздат, 1959.
22. Бобривич А. П., Соболев В. С. Кимберлитовая формация северной части Сибирской платформы. В кн. «Петрография Вост. Сибири», т. 1. Изд. АН СССР, 1962.
23. Богацкий В. В., Курцерайте Ш. Д. Закономерности размещения метасоматических магнетитовых месторождений Западного Саяна. М., «Недра», 1966.
24. Богуш И. А., Гончарова Т. Я. Эксплозивные брекчии Худесского медноколчеданного месторождения на Северном Кавказе. Докл. АН СССР, т. 191, № 4, 1970.
25. Богданова К. Г. Брекчиевые образования района Шемонаихинского месторождения на Рудном Алтае. Информ. сб. ВСЕГЕИ, № 23. Л., 1959.
26. Боровков Ф. Т. Вулканические аппараты центрального типа в Удино-Данинской депрессии и их роль в размещении эпитермального оруденения золота, ртути и олова. Сб. Вопросы геол. и методики разв. золота, вып. 1. Чита, 1967.
27. Борсук А. М., Масуренков Ю. П. Об эксплозивных формах интрузивного процесса. Изв. АН СССР, сер. геол., № 4, 1964.
28. Бородаевская М. Б. Особенности структуры Ключевского рудного поля. Тр. ЦНИГРИ, вып. 25, кн. 1, М., 1958.
29. Бородаевская М. Б., Перисняк Н. А. Условия локализации колчеданного оруденения в пределах Сибайского рудного поля (Южный Урал) Тр. ЦНИГРИ, вып. 40, М., 1961.
30. Бородаевская М. Б., Прушинская Э. Я. О генезисе обломковидных сульфидных обособлений в породах месторождений им. XIX партсъезда (Южный Урал). Геол. рудн. месторожд., № 1, 1962.
31. Бородаев Ю. С., Гончарова Т. Я., Зарайский Г. П., Яковлев Г. Ф. Эксплозивные брекчии на медноколчеданных месторождениях Блявинского рудного поля (Южный Урал). Геол. рудн. месторожд., № 6, 1965.

32. Боткунов А. И. Некоторые закономерности распределения алмазов в трубке Мир. Зап. ВМО, т. 93, № 4, 1964.
33. Боткунов А. И. Количественное распределение ксенолитов вмещающих пород в трубке Мир. В кн. «Ксенолиты и гомогенные включения». М., «Недра», 1969.
34. Бринер Л. Брекчиевые и галечные столбчатые тела, связанные с энгенетическими рудными месторождениями. В кн. «Проблемы эндогенных месторождений», вып. 2, М., «Мир», 1964.
35. Булах А. Г. Валунные дайки Турьего мыса. Информ. сб. ВСЕГЕИ, № 7, Л., 1959.
36. Васильев Ю. Р. Петрология и основные черты строения сложнопиференцированной трапповой интрузии Норильск-II. Сб. Геология и петрология интрузивных траппов Сибирской платформы. М., «Наука», 1966.
37. Васильев М. А., Пучков Е. В., Могилан В. С. Основные черты геологического строения Кенькудук-Каскырказганского рудного поля. Сб. Новые данные по геологии медных и полиметаллических месторождений Казахстана. Алма-Ата, ОНТИ КазНИМСа, 1973.
38. Ведерников П. Г. О дайках-брекчиях Верхубинского месторождения. Информ. сб. геологоразведочной службы Рудного Алтая. Усть-Каменогорск, 1961.
39. Виленский А. М. Петрология интрузивных траппов севера Сибирской платформы. М., «Наука», 1967.
40. Велинский В. В. Дегазация вещества верхней мантии как основной фактор магмообразования. Геология и геофизика, № 1, 1970.
41. Виньковецкий Я. А., Павлов В. А. Эксплозивные брекчии гранитоидного массива Алтуайт. Сов. геология, № 7, 1970.
42. Виноградова Р. А., Конопов О. В. О роли эруптивных брекчий в локализации магнетитового оруденения на месторождении Одинокое (Вост. Саяны). Геол. рудн. месторожд., № 4, 1966.
43. Власов Г. М. Рудные формации вулканических зон тихоокеанского побережья. Тр. лаборатории палеовулканологии, вып. 2. Алма-Ата, 1963.
44. Вологдин Н. Ф. Структурные особенности Цагансубаргинского медно-молибденового месторождения. Геология и геофизика, № 6, 1971.
45. Вологдин Н. Ф. Цагансубаргинское медно-молибденовое месторождение М.П.Р. Сб. Геология медно-порфировых месторождений Казахстана и Средней Азии. Алма-Ата, 1971.
46. Врублевский В. А., Гедройц Н. К. Трубочатые золото-рудные кварцевые жилы одного из районов Кузнецкого Алатау. Бюлл. НТИЦНИТОлова, № 4, 1961.
47. Гейтс О. Брекчиевые трубки в хребте Шошен, Невада. В кн. «Проблемы эндогенных месторождений». М., «Мир», 1964.
48. Гербек Э. Ф., Евдокимов Г. С. О структуре Сорского молибденового месторождения. Геология и геофизика, № 7, 1960.
49. Геология, парагенезисы и запасы руд зарубежных месторождений свинца и цинка. Сб. статей. М., ИЛ, 1951.
50. Годлевский М. Н. Траппы и рудоносные интрузии Норильского района, М., Госгеолтехиздат, 1959.
51. Главнейшие железорудные месторождения Сибири. Сб. статей. Новосибирск, 1970.
52. Горбунов Г. И. Геология и генезис сульфидных медно-никелевых месторождений Печенги. М., «Недра», 1968.

53. Горецкий Р. К. Кластические дайки. Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 1956.
54. Грейтон А. К. Предположение о вулканическом тепле. М., ИЛ, 1949.
55. Давиденко Н. М. Абсолютный геологический возраст золотого оруденения территории мезозойского бассейна р. Малый Аноуй. Геология и геофизика, № 7, 1969.
56. Давиденко Н. М. Об условиях формирования золотосодержащих кварцевых жил Кэпэрвеевского рудного узла Западной Чукотки (по включениям в минералах). Сб. Рудообразующая среда по включениям в минералах. М., «Наука», 1972.
57. Давиденко Н. М. О минералогическо-геохимических особенностях золота Мало-Аноуйского района Западной Чукотки. Геология и геофизика, № 3, 1973.
58. Дегтярева А. Н., Митряева Н. М., Рожнов А. А. Эксплозивные брекчии Жайремского рудного поля (Центральный Казахстан) и их связь с оруденением. Геол. рудн. месторожд., № 6, 1969.
59. Джонстон У. Ф., Лоуэлл Дж. Д. Геология и происхождение трубообразных рудных тел Медного бассейна в Аризоне. М., ОНТИ ВМСа, вып. 12, 1962.
60. Дзюценидзе Г. С. О роли эффузивного вулканизма в образовании месторождений полезных ископаемых. Сб. Магматизм и связь с ним полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1960.
61. Динаров А. Б. Геологическое строение Таскоринского месторождения. Изв. АН КазССР, сер. геол., № 1, 1968.
62. Долгушин С. С. О признаках магматической природы некоторых типов руд Анзаского магнетитового месторождения. Тр. СНИИГГИМСа, вып. 165. Новосибирск, 1973.
63. Елисеев Н. А. Об алтайской кварцево-кератофировой автобрекчии. Тр. Ленингр. общ., естествоиспыт. природы, т. 1. Л., 1935.
64. Елисеев Н. А. Генезис сульфидных медно-никелевых месторождений. Вест. ЛГУ, № 24, 1958.
65. Жамеран М., Берман Б. П. Некоторые особенности формирования медно-молибденового месторождения Цаган-Субарга. МУИС, Эрдем, Нияжилгээний бичиг, № 31, 1970.
66. Заварицкий А. Н. О классификации магматических рудных месторождений. Изв. Геолкома, т. 45, № 1, 1926.
67. Заварицкий А. Н. Гора Магнитная и ее месторождения железных руд. Избр. тр., т. 3. М., Изд. АН СССР, 1961.
68. Заварицкий А. Н. Пересчет химических анализов изверженных горных пород. М., Госгеолтехиздат, 1960.
69. Зербригг Х. Месторождение Фруд-Стоби. В кн.: «Структурная геология месторождений Канады». М., 1964.
70. Зольников Г. В., Маршинцев В. К. К вопросу о строении и механизме формирования трубки Мир. Сб. Геология и полезные ископаемые Якутской АССР. М., 1962.
71. Иванкин П. Ф., Нурбаев З. М. Основные вопросы генезиса свинцового оруденения Южного Алтая. Сов. геология, № 2, 1961.
72. Иванкин П. Ф. О морфологических типах пучков малых интрузив и гидротермальных струй Докл. АН СССР, т. 149, № 4, 1963.
73. Иванкин П. Ф. О происхождении минерализованных брекчий некоторых месторождений колчеданного типа Алтая и Урала. Докл. АН СССР, т. 142, 1962.

74. Иванкин П. Ф. О закрытых эксплозиях, сопровождающих гипабиссальные интрузии, и их роли при формировании рудных месторождений. Геология и геофизика, № 10, 1965.
75. Иванкин П. Ф. Новые задачи изучения магматогенных рудных полей. Сб. Вопросы геол., методики поисков и разв. полезн. ископ. Тр. СНИИГГИМСа, вып. 44. Новосибирск, 1967.
76. Иванкин П. Ф. Морфология глубокоовскрытых магматогенных рудных полей. М., «Недра», 1970.
77. Иванкин П. Ф. Некоторые аспекты изучения магматогенного рудного поля. Тр. СНИИГГИМСа, вып. 86. Новосибирск, 1970.
78. Иванкин П. Ф., Люлько В. А., Ремпель Г. Г. Морфогенетические особенности рудных полей Норильского района. Докл. АН СССР, т. 199, № 3, 1971.
79. Иванов С. Н. Обсуждение некоторых современных вопросов образования колчеданных месторождений Урала. Тр. Горно-геол. ин-та УФАИ, вып. 43. Свердловск, 1959.
80. Иванов С. Н., Рокачев С. П. Происхождение сульфидных обломковидных обособлений в надрудных толщах колчеданных месторождений. Геол. рудн. месторожд., № 6, 1966.
81. Иванов М. К., Иванова Т. К. О связи рудоносных трапповых интрузий с вулканами центрального типа и вулканической природе медно-никелевых руд (на примере Норильского узла). Матер. конфер. норильск. геологов. М., 1968.
82. Иетс А. Б. Изверженный массив Садбери (перевод). Норильск, 1938.
83. Илупин И. П., Лутц Б. Г. Химический состав кимберлитов и вопросы происхождения кимберлитовой магмы. Сов. геология, № 6, 1971.
84. Илупин И. П. Геологические особенности кимберлитов Якутской провинции. Сб. Магматические и метаморфические комплексы Восточной Сибири. Тезисы докл. II регионального петрографич. совещ. Иркутск, 1974.
85. Ишнин П. В., Ишнина В. М. Полосчатые и брекчиевидные текстуры зырянских порфиров на Алтае как петрографические критерии ликвации магмы. Сб. Палеовулканические реконструкции, лавы и руды древних вулканов. Алма-Ата, 1964.
86. Ишнин П. В. К вопросу об условиях образования рудоносных эксплозивных брекчий. Сб. Металлогения, специализ. вулканич. поясов и вулcano-тектонических структур Дальнего Востока и других районов СССР. Владивосток, 1971.
87. Ишнин П. В. О механизмах дифференциации магмы. Алма-Ата, «Наука», 1972.
88. Исмаилов М. И. О сульфидной минерализации в туфоизвестняковых брекчиях месторождения им. XIX партсъезда. Сб. Геолого-минералогические особенности меднорудных месторождений Южного Урала. Уфа, 1962.
89. Иксон Г. В., Рундквист Д. В., Павлова И. Г., Козлов В. А., Щербинин И. С., Огнянов Н. В., Феклович Р. П., Шишкарлова О. Ф., Попкова М. И. Оловорудные месторождения Малого Хингана. Тр. ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 27, Л., 1959.
90. Каипов А. Д. Эксплозивные брекчии и медноколчеданное оруднение Акбастау-Кусмурунского рудного поля. В кн.: «Матер. Республ. научно-технич. конфер. молодых геологов КазССР». Алма-Ата, «Наука», 1968.

91. Кеннеди Дж. О роли воды в магме. Сб. Земная кора (перевод с англ.). М., ИЛ, 1957.
92. Кепежинская В. В., Кепежинская К. Б. Эруптивные брекчии месторождения Шахтама в Вост. Забайкалье. Геология и геофизика, № 5, 1964.
93. Клименко В. М. О брекчиях Верхнего Акатуя. Сб. Вопросы геологии рудных месторождений Забайкалья. Чита, 1963.
94. Кобилев Г. А., Кузнецов А. Г. Эруптивные брекчии Садонского рудного поля (Сев. Кавказ). Докл. АН СССР, т. 187, № 1, 1969.
95. Ковальский В. В. Кимберлитовые породы и основные принципы их петрографической классификации. Изд. АН СССР, 1963.
96. Ковальский В. В., Никишов К. Н., Егоров О. С. Кимберлитовые и карбонатитовые образования восточного и юго-восточного склонов Анабарской антеклизы. М., «Наука», 1969.
97. Колуцкий Г. Г. Магматические брекчии и оруденение одного из молибденовых месторождений Восточного Забайкалья. Сб. Вопросы региональной геологии и металлогении Забайкалья, вып. 3. Чита, 1966.
98. Коржинский Д. С. Метамагматические процессы. Изв. АН СССР, сер. геол., № 12, 1973.
99. Костровицкий С. П., Владимирова Б. М. Энергетические расчеты к механизму образования кимберлитовых трубок. Геология и геофизика, № 6, 1971.
100. Костровицкий С. П. Особенности формирования кимберлитовых трубок взрыва. Геология и геофизика, № 11, 1972.
101. Костровицкий С. П. Формирование и заполнение полостей кимберлитовых трубок взрыва. Автореф. канд. дисс., 1973.
102. Кормилицыи В. С. Рудные формации и процессы рудообразования. Л., «Недра», 1973.
103. Котляр В. Н. Экструзивы, эффузивы, оруденение. Изв. ВУЗов. Геол. и разв. № 10, 1960.
104. Котляр В. Н., Соловьев Н. Н., Тихонов Н. Д. Геологические особенности месторождений, связанных с древними вулканическими аппаратами. Геол. рудн. месторожд., № 5, 1963.
105. Котляр В. Н. Оруденение и вулканизм. Сб. Проблемы генезиса руд. М., «Недра», 1964.
106. Котляр В. Н. Типы месторождений, связанные с палеовулканизмом. Сб. Рудоносность вулканогенных формаций, М., «Наука», 1965.
107. Котляр В. Н. Вулканогенные гидротермальные месторождения. В кн. «Генезис эндогенных рудных месторождений». М., «Недра», 1968.
108. Котляр В. Н. Основы теории рудообразования. М., «Недра», 1970.
109. Котульский В. К. Современное состояние вопроса о генезисе медно-никелевых рудных месторождений. Сов. геология, № 29, 1948.
110. Кравцов В. Ф. Некоторые вопросы геологической структуры Талпахского рудного узла и Норильского района. В кн. «Северо-Сибирский никеленосный район и его промышленные перспективы». Л., 1973.
111. Кузубный В. С. О расслоении магмы при формировании жильных пород Бузанихинского массива гранитоидов на Рудном Алтае. Изв. АН КазССР, № 10, 1966.
112. Кузубный В. С. О додевонских гранитоидах Рудного Алтая. Тр. ИГи АН КазССР им. К. И. Сатпаева, т. 33. Алма-Ата, 1973.
113. Кузубный В. С., Иншин П. В., Ведерников П. Г., Шнайдер М. С. Магматогенные брекчии Рудного Алтая и некоторые вопросы их генезиса. Сб. Геология и металлогения Рудного Алтая. Алма-Ата, «Наука», 1970.

114. Кузьмин Е. Е., Посохов Е. В. Хлоридные воды низкой минерализации для поисковых критериев дифференцированных рудоносных интрузий. В кн. «Геохим. поиски в областях криогенезиса». Тезисы докл. к конф. Л., 1970.

115. Кулагашев А. И. О брекчиях Нерчинско-Заводского района и связанной с ними рудной минерализации. В кн. «Геол. некоторых руд. месторожд. Забайкалья». Чита, 1968.

116. Кулагашев А. И. О магматогенных брекчиях Шерловой горы и связанной с ними рудной минерализации. В кн. «Геол. и разв. месторожд. полезн. ископ. Забайкалья». Чита, 1963.

117. Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Магматические месторождения железных руд. Избр. тр., т. 3. Изд. АН СССР, М., 1952.

118. Левинсон-Лессинг Ф. Ю. О месторождении магнитного железняка г. Высокой на Урале. Изв. С.-Петербургского политехн. ин-та, т. 5, вып. 1—2, С.-Петербург, 1906.

119. Ловеринг Т. С. Об изменении пород как о поисковом признаке на руды в округе Восточный Тинтик, Юта, М., ИЛ, 1951.

120. Логинов В. П. Метаморфизованные колчеданные гальки в верхнесилурийских конгломератах Левихи (Средний Урал). Изв. АН СССР, сер. геол., № 6, 1956.

121. Лурье М. Л., Обручев С. В. Основные черты эффузивного вулканизма трапповой формации Сибирской платформы. Тр. ВСЕГЕИ, Л., 1955.

122. Максимов С. С. О брекчиевых телах Балейского рудного поля. В кн. Геол. и разв. месторожд. полезн. ископ. Забайкалья. Чита, 1968.

123. Мархинин Е. К. О количестве ювенильной воды, участвующей в вулканических взрывах. Докл. АН СССР, т. 119, № 3, 1958.

124. Мархинин Е. К. Роль вулканизма в формировании земной коры. М., «Наука», 1967.

125. Масайтис В. Л. Среднепалеозойская трапповая формация на Сибирской платформе. Докл. АН СССР, т. 162, № 3, 1965.

126. Масайтис В. Л. Допермские базиты Сибирской платформы. Автореф. дисс. на соиск. учен. степени доктора геолого-минерал. наук, Л., 1970.

127. Маслов Г. Д. Тектоника Игарско-Норильского района и рудоконтролирующие структуры. В кн. «Тектоника Сибири», т. 2. Изд. АН СССР. Новосибирск, 1963.

128. Меняйлов А. А. Туфы и кимберлиты Сибирской платформы и их происхождение. Тр. ЯФ СО АН СССР, № 10, 1962.

129. Меняйлов А. А., Воскресенская В. Б. Трубочатые тела с многоярусными трапповыми sillами в Ботубинском районе. Тр. ЯФ СО АН СССР, № 8, 1962.

130. Мерлич Б. В., Зайцева В. П. Неогеновые вулканические жерловины Закарпатья. Сб. Львовского геол. общ., № 7—8, 1961.

131. Мерлич Б. В. Эксплозивные брекчиевые дайки в Закарпатья. Изв. АН СССР, сер. геол. № 3, 1958.

132. Митчел Дж., Матч А. Месторождение Харди. В кн. «Структурная геология месторождений Канады». М., 1964.

133. Моор Г. Г. Кимберлитовые породы с ксенолитами гнейсов архея из северной окраины Сибирской платформы. Докл. АН СССР, т. 115, № 6, 1957.

134. Мушкин И. В., Брейвинская В. М. Ксенолиты глубинных пород в трубках взрыва Южного Гиссара (Южный Тянь-Шань). Сов. геология, № 3, 1965.

135. Нагайцев Б. М. Месторождение магнетита трубки взрыва Верхний Оллонокон (бассейн Подкаменной Тунгуски). Геология и геофизика, № 4, 1971.
136. Нарсеев В. А. Роль полимеризации в формировании расплавов и гидротермальном переносе вещества. Вест. АН КазССР, № 8, 1964.
137. Нарсеев В. А., Филипенко В. В. Брекчиевые тела месторождения Аксу. Сб. Вопросы геологии, геохимии и минералогии золоторудных полей и месторождений Казахстана. Алма-Ата, ОНТИ КазИМСа, 1967.
138. Невский В. А. Трубчатые тела брекчированных пород Актюзского рудного поля. Геол. руд. месторожд., № 2, 1960.
139. Невский В. А., Козлова П. С. Трубчатые тела брекчированных пород Северного Тянь-Шаня и их отношение к орудуению. Сб. Основные проблемы металлогении Тянь-Шаня. Фрунзе, «Илим», 1971.
140. Неменейок Т. И. Эксплозивные брекчи в связи с поисками рудоносных интрузий в Норильском районе. В кн. «Геология и полезные ископаемые Норильского района». Норильск, 1971.
141. Нестеровский В. С. К вопросу о морфологии складчатых и разрывных дислокаций Талнахского рудного узла. В кн. «Геология и полезные ископаемые Норильского района». Норильск, 1971.
142. Нехендзи Ю. А. Стальное литье. М., Металлургиздат, 1948.
143. Нехорошев В. П. О так называемых рудных гальках и девонских конгломератах Рудного Алтая. Информ. сб. ВСЕГЕИ, т. 1. Л., 1955.
144. Нехорошев В. П. Основные гипотезы происхождения полиметаллических месторождений Алтая и поисковые критерии. Матер. ВСЕГЕИ по геол. и полезн. ископаемым, вып. 8, ч. 1. Л., 1956.
145. Николаев В. А. О процессе осмотической дистилляции и растворения газовой фазы в силикатных системах. Зап. ВМО, т. 84, № 4, 1956.
146. Никитина Е. И., Сотников В. И. О составе и некоторых физических особенностях апатитов из эксплозивных брекчий Цагансубаргинского месторождения. Геология и геофизика, № 11, 1973.
147. Нурбаев З. М. Строение и фаціальность порфировых интрузий Южного Алтая. Сб. Палеовулканология и проблема вулканогенных формаций. Тр. лабор. палеовулканологии КазИМСа, вып. 2. Алма-Ата, 1963.
148. Нурбаев З. М., Полетаев А. И. Постинтрузивные рудоносные брекчиевые трубки вулcano-плутонической серии пород Коунрадского медно-порфирового месторождения. В кн. «Матер. симпозиума по вулcano-плутоническим формациям и их рудоносности». Алма-Ата, «Наука», 1966.
149. Нурбаев З. М., Полетаев А. И. Новые данные о геологическом строении Коунрадского медно-порфирового месторождения. В кн. «Геология, геохимия и минералогия медно-порфировых месторождений Казахстана. Алма-Ата, 1969.
150. Нурбаев З. М., Полетаев А. И. О геологических особенностях и поисковых критериях медно-порфировых месторождений Коунрадского типа. Сб. Геология медно-порфировых месторождений Казахстана и Средней Азии. Алма-Ата, 1972.
151. Нурбаев З. М., Полетаев А. И. Некоторые проблемы геологии медно-порфировых месторождений Казахстана. Сб. Новые данные по геологии медных и полиметаллических месторождений Казахстана. Алма-Ата, ОНТИ КазИМСа, 1973.
152. Овчинников Л. Н. Некоторые закономерности магматогенного рудообразования (по экспериментальным данным). Сб. Генетические

проблемы руд. Докл. сов. геологов на XXI сессии МГК. М., Госгеолтехиздат, 1960.

153. Овчинников Л. Н. Плутогенные гидротермальные месторождения. В кн. «Генезис эндогенных рудных месторождений». М., «Недра», 1968.

154. Овчинников В. В. Соотношение магматизма, трубок взрыва и эндогенной минерализации на примере одного из рудных районов. В кн. «Морфогенез и зональность интрузивов и связанных с ними золоторудных, железорудных и полиметаллических месторождений Сибири». Новосибирск, 1968.

155. Оффман П. Е. Тектоника и вулканические трубки центральной части Сибирской платформы. Тектоника СССР, т. IV. Изд. АН СССР, 1959.

156. Оффман П. Е. О вулканических трубках южной части Сибирской платформы и о происхождении железных руд, приуроченных к ним. Изв. АН СССР, сер. геол., № 10, 1957.

157. Павлова И. Г. Региональные и локальные закономерности размещения медно-порфировых месторождений. Матер. к совещ. «Разработка основ научного прогнозирования месторождений твердых полезн. ископаемых», вып. 6. Л., 1970.

158. Павлов Н. В. Магномангнетитовые месторождения района Тунгусской синеклызы Сибирской платформы. М., Изд. АН СССР, 1961.

159. Парк Ч. Ф., Мак-Дормид Р. Л. Рудные месторождения. М., «Мир», 1966.

160. Пастухов И. П. Новое о возрасте медноколчеданных месторождений на Южном Урале. Сб. Матер. по геол. и полезн. ископ. Южно-Урала, вып. 1. М., Госгеолтехиздат, 1956.

161. Паталаха Г. Б. О возрастных соотношениях оруденения малых интрузий и эксплозивных брекчий месторождения Акжал. Изв. АН КазССР, сер. геол. № 4, 1970.

162. Петренко Н. Л. Морфология и внутреннее строение оловорудных месторождений Лифудзина и Дальнего (Приморье). В кн. «Морфогенез и зональность интрузивов и связанных с ними золоторудных, железорудных и полиметаллических месторождений Сибири». Новосибирск, 1968.

163. Перри В. Д. Генезис трубкообразных брекчиевых рудных тел. ОНТИ ВИМСа, вып. 19. М., 1962.

164. Пизнюр А. В., Полетаев А. И. О термобарических условиях формирования взрывных брекчий на примере Коуирадского медно-молибденового месторождения. Тезисы докл. IV регион. совещ. по термобарогеохимич. процессам минералообразования. Изд. Ростовского ун-та, 1973.

165. Покалов В. Т., Пастухова Е. С. Возраст и генетические особенности Сорского молибденового месторождения. Сов. геология, № 7, 1961.

166. Полетаев А. И. Геолого-генетические особенности Медного Коуирада. Автореф. дисс., представл. на соиск. ученой степени канд. геолого-минералогич. наук. Алма-Ата, 1970.

167. Поляков Г. В., Сергеева В. С., Тулешов А. Е. Рудоносный габбро-альбититовый магматический комплекс района Анзаского месторождения. В кн. «Основные идеи М. А. Усова в геологии». Алма-Ата, изд. АН КазССР, 1960.

168. Пономаренко А. И., Пономаренко Г. А., Харьков А. Д., Соболев П. В. Новые данные по минералогии включений

пльменитовых гипербазитов из кимберлитовых трубок Западной Якутии. Докл. АН СССР, т. 207, № 4, 1972.

169. Поспелов Г. Л. Парадоксы, геолого-физическая сущность и механизмы метасоматоза. Новосибирск, «Наука», 1973.

170. Посысоев А. Г. О генезисе рудных «валунов» Золотушинского полиметаллического месторождения и о двух этапах оруденения. Тр. СНИИГГИМСа, вып. 6, 1961.

171. Прокин В. А., Рудаков В. М. Брекчиевые руды Сибая. Тр. Горно-геол. ин-та УФАИ СССР, вып. 43, 1959.

172. Пучков Е. В., Алексеева Л. К., Гуляев А. П. Эруптивные брекчии и связь с ними гидротермального метаморфизма и оруденения. Геол. рудн. месторожд., № 2, 1968.

173. Рудоносность вулканогенных формаций. М., «Недра», 1965.

174. Ритман А. Вулканы и их деятельность. М., «Мир», 1964.

175. Рожков Б. Н. Рудные месторождения металлогенической провинции сибирских трапцов. Тр. Первой геологоразв. конфер. по Советской Арктике, т. 2, М., 1959.

176. Ручкин Г. В., Михайлов В. М. Эксплозивные брекчии и обломковидные руды Блявинского месторождения (Южный Урал). Вест. МГУ. Геология, № 3, 1967.

177. Рябов В. В., Золотухин В. В. О псевдотахилитах Талнахского траппового интрузива на Сибирской платформе. Геология и геофизика, № 3, 1970.

178. Соболев Н. Д. Фации гранитов и оруденение. В кн. «Основные идеи М. А. Усова в геологии». Изд. АН КазССР, Алма-Ата, 1960.

179. Сарсадских Н. Н., Попугаева Л. Н. Новые данные о проявлении ультраосновного магматизма на Сибирской платформе. Разведка и охрана недр, № 5, 1955.

180. Сви́рский М. А. О происхождении брекчии полиметаллического месторождения Центральное в Восточном Забайкалье. Тр. Иркут. политехн. ин-та, вып. 30. Иркутск. 1966.

181. Смирнов В. И. Геология полезных ископаемых. М., «Недра», 1965.

182. Смирнов В. И. Метеоритная гипотеза происхождения Садбери. Геол. рудн. месторожд., № 2, 1975.

183. Соколов Г. А. Хромиты Урала: состав, условия кристаллизации и закономерности распространения. Тр. ГИН АН СССР, вып. 97. М., 1948.

184. Сотников В. И., Берзина А. П. Особенности процесса метасоматоза на Сорском месторождении. Геология и геофизика, № 8, 1966.

185. Сотников В. И., Скуридин В. А. О находке эксплозивных брекчий на Жирекенском месторождении. Геология и геофизика, № 6, 1967.

186. Сотников В. И., Вологдин Н. Ф. Эксплозивные брекчии Цагансубаргинского медно-молибденового месторождения. Сб. Материалы по генетич. и эксперим. минер., № 8, 1973.

187. Сотников В. И., Проскуряков А. А. Особенности термодинамического режима при формировании эксплозивных брекчий Шохтаминского молибденового месторождения. Геология и геофизика, № 4, 1973.

188. Стеценко Н. С. Метасоматические брекчии, связанные с рудоносными интрузиями габбро-долеритов (на примере Талнахской интрузии). Четвертая геол. конфер. М., 1966.

189. Страхов Л. Г. Размещение кимберлитовых и базальтовых (долеритовых) трубок Сибирской платформы в зависимости от строения земной коры. Докл. АН СССР, т. 179, № 4, 1968.
190. Судариков Ю. Ф., Мельников К. М. Об эксплозивных брекчиях Жирекенского месторождения. Изв. ВУЗов. Геология и разведка, № 8, 1971.
191. Суханова Е. Н. О принципиальной модели рудоносных интрузивов Норильского типа и ее применимости. Сб. Матер. конфер. норильских геологов. Норильск, 1971.
192. Тарасов А. В. О роли инъективных дислокаций в формировании структур Норильских медно-колчеданных месторождений. В кн. «Траппы Сибирской платформы и их металлогения». Иркутск, 1971.
193. Тащинина М. В., Чепрасов Б. Л. О своеобразных эруптивных брекчиях на Алтае. Изв. АН КазССР, сер. геол., вып. 21, 1955.
194. Тильман С. М. Тектоника и история развития Северо-Восточного Приколымья. Тр. СВКНИИ, вып. 1. Магадан, 1962.
195. Тихонов В. А., Карпенко В. С. и др. Брекчиевая трубка в Северном Криворожье. Геол. рудн. месторожд., № 3, 1968.
196. Тимофеевский Д. А. О фациальности рудоносных малых интрузий и о рудоконтролирующей роли трубок взрыва газов Дарасунского рудного узла Восточного Забайкалья. Тр. ЦНИГРИ, вып. 4. М., 1959.
197. Трофимов В. С. Алмазные диатремы. Сов. геология, № 6, 1966.
198. Трофимов В. С. Форма, размеры и состав кимберлитовых тел. Сов. геология, № 11, 1968.
199. Туговик Г. И. Эксплозии и рудный процесс. М., «Недра», 1974.
200. Тузикова З. Р., Тузиков Р. П. Структурные особенности куполовидной тектоники. Тр. ВНИИСоль, вып. 16, ч. 2, М., 1970.
201. Туровцев Д. М. Топология и условия формирования пород зональных метаморфических ореолов интрузивов Талнахского рудного узла. В кн. «Геология и полезные ископаемые Норильского района». Норильск, 1971.
202. Урванцев П. Н. Генетические особенности формирования медно-никелевых месторождений Норильска как основа поисковых прогнозов. Геология и геофизика, № 1, 1973.
203. Фаворская М. А. Отношение редкометалльного и полиметаллического оруденения к интрузивным и эффузивным формациям в некоторых районах Тихоокеанского пояса. Сов. геология, № 12, 1959.
204. Фаворская М. А. Критерии связи оруденения с субвулканическими и эффузивными породами и методика их изучения. Сб. Рудоносность вулканогенных формаций. М., «Недра», 1965.
205. Федорчук В. П. Трубки взрыва — новые рудоконтролирующие структуры глубинного типа в Южном Гиссаре. Геол. рудн. месторожд., № 5, 1971.
206. Фогельман Н. П. Эксплозивно-инъекционные золотоносные брекчии Илинского месторождения в Забайкалье. Бюлл. МОИП, отд. геол., т. 69, вып. 2, 1964.
207. Фогельман Н. А. Рудоносные эксплозивные брекчии криптовулканических аппаратов. Докл. АН СССР, т. 188, № 8, 1969.
208. Филипенко В. В. Эксплозивное брекчирование и его роль в формировании рудных столбов одного из золоторудных месторождений в Северном Казахстане. Тематич. сб. статей аспирантов и соиск., МВ и ССО КазССР. Геология, вып. 2. Алма-Ата, 1966.

209. Ф о р г а н К. Свинцово-цинковое месторождение Стантрэг. Сб. Геология, парагенезис и запасы руд зарубежных месторождений свинца и цинка. М., ИЛ, 1951.

210. Ф о с с Г. В. Золото. М., 1958.

211. Ф р а н ц е с с о н Е. В. Состав и строение кимберлитовой трубки Мир. Тр. ЯФ СО АН СССР, № 8, М., 1962.

212. Ф р а н ц е с с о н Е. В. О двух фазах формирования кимберлитовой трубки Амакинская (Западная Якутия). Изв. ВУЗов. Геология и разведка, № 6, 1967.

213. Х а р ь к и в А. Д., М е л ь н и к Ю. М. Древняя кора выветривания кимберлитовых пород трубки им. XXIII съезда КПСС (Мало-Ботуобинский алмазоносный район). Сб. Геология, петрография и минералогия магматических образований северо-восточной части Сибирской платформы. «Наука», 1970.

214. Х а р ь к и в А. Д. Трубки взрыва траппового состава Мало-Ботуобинского алмазоносного района (Западная Якутия) и вопрос их возраста. В кн. «Траппы Сибирской платформы и их металлогения». Иркутск, 1971.

215. Х а р ь к и в А. Д., П о г у д и н И. А. К характеристике шаровой лавы основного состава, выполняющей трубку взрыва в Мало-Ботуобинском районе. Геология и геофизика, № 4, 1971.

216. Х а р ь к и в А. Д., Б о р и с Е. И., И в а н и в И. Н., Ш у к и н В. Н. К характеристике трубок взрыва Мало-Ботуобинского района. Сов. геология, № 8, 1972.

217. Х а р ь к и в А. Д., Ш у к и н В. Н., Б о р и с Е. И., И в а н и в И. Н. К вопросу об алмазоносности кимберлитовых пород жильной фации (на примере кимберлитовой жилы А-21 Мало-Ботуобинского района, Якутия). Докл. АН СССР, т. 209, № 6, 1973.

218. Х и т а р о в Н. И., Л е б е д е в Е. Б., Р е н г а р т е н Е. В., А р с е н ь е в а Р. В. Сравнительная характеристика растворимости воды в базальтовом и гранитном расплавах. Геохимия, № 5, 1959.

219. Х и т а р о в Н. И. О соотношениях между водой и магматическим расплавом. Геохимия, № 7, 1960.

220. Х и т а р о в Н. И. Глубинные процессы и задачи их экспериментального исследования. Сб. Экспериментальные исследования в области глубинных процессов. М., Изд. АН СССР, 1962.

221. Х и т а р о в Н. М., К а д и к А. А., Л е б е д е в Е. Б. Растворимость воды в расплаве базальта. Геохимия, № 7, 1968.

222. Х и л ь т о в Ю. Н. Главнейшие этапы формирования кимберлитов. Докл. АН СССР, т. 123, № 3, 1958.

223. Х и л ь т о в Ю. Н. Некоторые вопросы механизма формирования кимберлитовых тел. Сб. Петрографические провинции, изверженные и метаморфические горные породы. Докл. Сов. геологов на XXI сессии МКГ. М., Изд. АН СССР, 1960.

224. Х о в е л л Ф. Х., М о у л е й Дж. С. Геологическое строение месторождения медно-порфировых руд Браден в Чили. ОНТИ ВИМСа, М., 1961.

225. Х о м и ч е в В. А. Структура и генезис Сорского молибденового месторождения. Тр. СНИИГГИМСа, вып. 165, 1972.

226. Ш е й н м а н н Ю. М. Некоторые закономерности распределения вулканических явлений на платформах. Тр. ВАГТа, вып. 2, М., 1956.

227. Ш и н у л и н Ф. К. Особенности кристаллизации силикатных расплавов и скарнообразование. В кн. «Эндогенные рудные месторождения». М., «Наука», 1968.

228. Шипулин Ф. К. О времени образования металлоносных рудов при извержении некоторых вулканов. Сб. Геол. рудн. месторожд., № 5. Алма-Ата, Изд. АН КазССР, 1960.
229. Шнайдер М. С., Астафьев М. П. Магматогенные брекчии Ново-Золотушнского колчеданно-полиметаллического месторождения на Рудном Алтае. Сов. геология, № 11, 1966.
230. Шнейдерхен Г. Рудные месторождения. М., ИЛ, 1958.
231. Щерба Г. Н. О систематике вулканогенных месторождений Казахстана. Изв. АН КазССР, сер. геол. вып. 2/52, 1963.
232. Щукин В. Н., Минорин В. Е., Харькив А. Д. Тектонический контроль, стадийность формирования и алмазонасность кимберлитов Мало-Ботуобинского района. В кн. «Рудообразование и его связь с магматизмом». М., «Наука», 1972.
233. Язева Р. Г. О природе порфировых и обломочных пород, вмещающих Александровское месторождение (Южный Урал). Сов. геология, № 12, 1967.
234. Язева Р. Г. Малые интрузии Александровского рудного района, их обломочные фации и связь с колчеданным оруденением. В кн. «Геология и полезн. ископ. Урала», ч. 2. Свердловск, 1969.
235. Яковлев Г. Ф. Структурные типы полей и месторождений, связанных с вулканогенными формациями. Изв. АН СССР, № 9, 1967.
236. Яковлев Г. Ф., Зарайский Г. П., Старостин И. В. Субвулканические тела кислого состава и медно-колчеданное оруденение Блявинского района (Южный Урал). Сов. геология, № 4, 1965.
237. Яковлев Е. Б. О генезисе автомагматических брекчий. Изв. ВУЗов, № 1, 1972.
238. Яковлева Е. Б. Автомагматические брекчии Казахстана. Сов. геология, № 8, 1963.
239. Anderson C. A., Scholz E. A., Strobell J. D. Jr. Geology and ore deposits of the Bagdad area, Yavapai Count, Arizona. U. S. Geol. Survey Prof. Paper 278, 1955, p. 102.
240. Bamford R. W. The Mount Fubilan (Ok. Tedi) porphyry copper-deposit territory of Papua and New Guinea. Econ. Geol. V. 67, 1972, № 8, pp. 1019—1033.
241. Bergey W. R., Carr J. M., Reed A. J. The Highmont copper — molybdenum deposits, Highland Valley, British Columbia. The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, December, 1971.
242. Bryant D. G. Intrusive breccias associated with ore, Warren (Bisbee) Mining district, Arizona. Econ. Geol. V. 63, № 1, 1968.
243. Carter N. C. Copper and Molybdenum Porphyry deposits in Central British Columbia: Canadian Mining Journal, № T-4, V. 91, 1970, pp. 74—76.
244. Chace E. T. Jin-silver veins of Oruro Bolivia: Econ. Geol. V. 43, № 5—6, 1947.
245. Clark K. E. Stockwork Molybdenum deposits in the Western Cordillera of North America: Econ. Geol. V. 67, 1972, № 6, pp. 731—758.
246. Cornelius K. D. The Mount Morgan mine, Queensland.— A massive gold-copper pyritic replacement deposit. Econ. Geol. V. 6, 1969, pp. 885—902.
247. Creasey S. C. and Kistler R. W. Age of some copper-bearing porphyries and other igneous rocks in southeastern Arizona: U. S. Geol. Survey Prof. paper, 450D, 1962, pp. 1—5.

248. Dawson J. B., Reid A. M. A pyroxene-ilmenite intergrowth from the Monastery Mine, South Africa: *Contribs. Mineral. and Petrol.* 26, № 4, 1970.
249. Eastwood G. E. P. Boss Mountain: British Columbia. *Min. Min. Ann. Rept.* pp. 65—80.
250. Emmons W. H. Gold deposits of the world, № 4, 1937.
251. Farmin R. «Pebble dikes» and associated mineralization at Tintic, Utah: *Econ. Geol.* 29, 1934, pp. 356—370.
252. Fountain R. J. Geological relationships in the Panguna porphyry copper deposit, Bougainville Island, New Guinea. *Econ. Geol.* V. 67, 1972, pp. 1049—1064.
253. Hart L. H. Geology of Toquepala, Peru: *Mining Engineering* June, 1958, pp. 699—700.
254. James A. H. Hypothetical diagrams of several porphyry copper deposits: *Econ. Geol.* V. 66, № 1, 1971.
255. Jonson D. C., Davidson D. A. and Daughtry K. L. Geology of the Hudson Bay Mountain molybdenite deposit Canadian Mining Metall. Bull. V. 61, 1968, p. 295.
256. Joralemon I. B. Age cannot wither or varieties of geologic experience: *Econ. Geol.*, V. 47, 1952, pp. 253—256.
257. Kents K. Special breccias associated with hydrothermal developments in the Andes: *Econ. Geol.* V. 59, 1964, pp. 1551—1563.
258. Kuhn T. H. Pipe deposits of the Copper Creek area, Arizona: *Econ. Geology*, 1941, V. 36, pp. 512—538.
259. Lambias E. J., Malvicini L. The geology and genesis of the Bi-Cu mineralized breccia pipe, San Francisco de los Andes, San Juan, Argentina: *Econ. Geol.* V. 64, 1964, pp. 271—286.
260. Page R. W., McDougall J. T. Geochronology of the Panguna porphyry copper deposits, Bougainville Island, New Guinea: *Econ. Geol.* V. 67, № 8, 1972, pp. 1065—1074.
261. Richard K. and Courtright J. H. Geology of Toguapala, Peru; *Mining. Eng.* 1958, pp. 266—268.
262. Reynolds D. L. Feudization as a geologic process and its bearing on the problem of intrusive granites: *Am. Jrn. Sci.* 252, pp. 577—610.
263. Richey J. E. Association of explosive brecciation and plutonic intrusions in the British Tertiary igneous province: *Bull. Volconological, Ser. 2*, 7, pp. 157—195.
264. Ringwood A. E. and Lovering J. F. Significance of pyroxene-ilmenite intergrowths among kimberlite xenoliths: *Earth and Planetary Science Letters*, 7, 1970.
265. Roedder E. Fluid inclusion studies on the porphyry-type ore deposits at Bingham Canyon, Utah, Butte, Montana, and Climax, Colorado: *Econ. Geol.* V. 66, № 1, 1971, pp. 98—120.
266. Sillitoe R. H., Sawkins F. J. Geologic, mineralogic and fluid inclusion studies relating to the origin of copper-bearing tourmaline breccia pipes, Chile: *Econ. Geol.*, V. 66, 1971, pp. 1028—1041.
267. Soregaroli A. K. The ore-forming sequence—Boss Mountain molybdenum mine: *Canadian Mining Metall. Bull.* V. 61, 1968, p. 290 (abs).
268. Turner F. S. The tin deposits of Llallogua Bolivia: *Econ. Geol.* V. 30, № 1, 2, 1935.
269. Swayne W. N. and Trask F. Geology of El Salvador. *Mining Eng.* 1960, pp. 344—448.
270. Wallace S. R., Mackenzie W. B., Blair R. G. Preliminary report on the geology of the molybdenite deposits at Red Mounta-

in Dailey mining district, Colorado: Mining Eng. V. 19. № 12, pp. 40—41 (abs).

271. Walker R. T. Mineralized volcanic explosion pipes: Eng. Min. Jour. V. 126, 1928, pp. 895—898, 939—942, 976—984.

272. Woodcock J. R., Bradshaw B. A. and Ney C. S. Molybdenum deposits at Alice Arm, British Columbia: Canadian Inst. Mining Metallurgy Spec. V. 8. 1966, pp. 335—339.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Иванкин П. Ф. Внутрикоровые (скрытые) магматические эксплозии и рудогенез	3
Нурбаев З. М. Роль и значение взрывчатых брекчий в эндо- генном рудообразовании	11
Харькив А. Д., Борис Е. И., Саврасов Д. И., Ива- нив И. Н. Трапловые брекчий Мало-Ботуобинского района Запад- ной Якутии и их рудоносность	34
Харькив А. Д., Пономаренко Г. А., Минорин В. Е. Кимберлитовые брекчий Мало-Ботуобинского района и их алмазо- носность	51
Долгушин С. С. Взрывчатые брекчий Анзасского магне- титового месторождения и связь с ними оруденения	75
Немсенюк Т. И. Брекчий и брекчийевидные породы никеле- носных трапловых интрузий (Норильский район)	86
Нурбаев З. М., Полетаев А. И. Брекчийевые образования медно-порфировых месторождений	109
Хомичев В. Л., Сотников В. И. Рудные брекчий Сорско- го месторождения	122
Нурбаев З. М., Полетаев А. И., Сычев В. И., Вар- новских Б. Е. Брекчийевые трубчатые и дайковые тела Коксайско- го рудного поля	136
Васильев М. А., Пучков Е. В. Взрывчатые брекчий Кень- кудукского рудного поля (Северное Прибалхашье)	154
Нурбаев З. М., Кузубный В. С., Иншин П. В. Рудо- носные взрывчатые брекчий на колчеданных и полиметаллических месторождениях	158
Нарсеев В. А., Левин Г. Б. Брекчийевые образования золо- торудных месторождений	189
Давиденко Н. М. О брекчийях в рудных телах золото- кварцевой малосульфидной формации на Чукотке	203
Литература	210

Коллектив авторов
РУДОНОСНЫЕ БРЕКЧИИ
И ИХ ПОИСКОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Редактор Р. Н. Майрина
Техн. редактор и корректор С. П. Геллер

УГ02386. Сдано в набор 10-I—1978 г. Подписано к печати 1-III—1978 г.
Формат 60×84 1/16. Объем 14,25 п. л. Зак. 1627. Тираж 500 экз.

Цена 1 руб. 37 коп.

ТУДСМ. Алма-Ата, Чайковского, 202.

2495