Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова. 1989. Т. 119

УДК 552.321:[550.8.012:528]

ПРИНЦИПЫ РАСЧЛЕНЕНИЯ И МЕТОДЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ ИНТРУЗИВНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Ю. Б. МАРИН, Г. Л. ДОБРЕЦОВ, С. М. БЕСКИН

До сих пор степень изученности интрузивных массивов, с которыми ассоциирует разнообразное эндогенное оруденение, остается недостаточной для удовлетворения многих запросов науки и практики. В связи с этим необходимо дальнейшее совершенствование методов и методик исследования этих образований и в первую очередь способов и приемов полевого изучения интрузий в процессе их геологической съемки.

Геологическая карта интрузивного массива должна отражать состав пород и их типы, строение плутона, историю его формирования. Выпадение одного из этих компонентов лишает права называть карту геологической. Хотя эти и другие основные принципы и подходы были давно сформулированы В. Н. Лодочниковым, Ф. Ю. Левинсон-Лессингом, В. А. Николаевым, М. А. Усовым, Д. В. Наливкиным, особо подчеркнувшим в 1932 г. в работах «Принципы составления геологических карт» и «Состояние и задачи геологической съемки» обязательную комплексность геологических карт и необходимость отражения на них историко-геологического процесса, в последнее время снова возникает необходимость говорить о том, что значение их не утрачено, а полевая геология — не просто поставщик данных и материалов для более «точных» наук, а самостоятельная отрасль знания. Действительно, нельзя считать полными и достоверными интерпретации результатов изотопного радиохронологического анализа, разнообразных минералогических и петрогеохимических исследований горных пород и руд, экспериментального изучения процессов магматизма и рудогенеза, если они не базируются на фундаментальных данных полевого анализа взаимосвязи геологических образований.

К сожалению, такой анализ зачастую невозможен по ряду субъективных причин. Во-первых, отсутствие строгого унифицированного подхода и терминологии при характеристике пород, в том числе каждого штуфа в ходе полевых наблюдений, приводит к неудовлетворительному отражению первичных данных, что затрудняет накопление опыта обобщения и классификации фактического материала, осложняет взаимопонимание между исследователями. Во-вторых, взаимосвязь геологических образований можно выявить только методом специализированной съемки, которая не ведется. При условии накопления опыта таких съемок они потребуют для своего исполнения меньших затрат, нежели детальные площадные геофизические и геохимические исследования, которыми во мно-

гих ПГО стремятся, по существу, заменить, а не дополнить детальные геологические съемки интрузивов.

Таким образом, необходима разработка общих принципов, которые позволили бы накапливать опыт предыдущих работ, не начиная исследование каждого нового интрузивного узла с нулевого цикла. При этом в качестве главных исходных постулатов нами принимаются:

1) любые объекты классифицируются по признакам, характеризующим сами эти объекты;

2) типизированная объемная картина, выявленная на хорошо изученном интрузивном узле, может и должна применяться в качестве рабочей гипотезы на другом, сходном, но плохо обнаженном (или плохо изученном) узле, если на нем удается установить единичные, но характерные, аналогичные и для эталонного узла, фрагменты (аналогия с реконструкциями организмов по отдельным костям в палеонтологии).

В действующих методических руководствах и указаниях [3—5] отсутствуют рекомендации по картированию внутреннего строения интрузивных массивов, особенно сложных полихронных, не освещается вся совокупность стоящих при этом задач, более того, по существу, до начала съемки рекомендуется «выяснить» то [5, с. 54—58], что без этой съемки сделать нельзя. В этом случае сама съемка, т. е. выявление и прослеживание всех границ между разновидностями интрузивных пород, фактически объявляется делом необязательным, ненужным. В условиях нехватки времени геологи-съемщики получают, своего рода, «научное обоснование» планировать более интенсивную работу по изучению слоистых толщ, предполагая затем «отдохнуть» на интрузивах (особенно гранитоидных), ограничившись там оконтуриванием плутонов и приблизительным выделением двух-трех разностей «с постепенными переходами» между ними.

Назрела необходимость создать строгую классификацию интрузивных тел, упорядочить базовые понятия и используемую терминологию, а также разработать единую методику изучения интрузий. Она должна предусматривать последовательный набор операций с указанием конкретных и пригодных для практического использования критериев, необходимых и достаточных для однозначного их применения или принятия наиболее обоснованного решения.

Геологическое картирование плутонов целесообразно предварять изучением пересечения и составлением легенды. Это осуществляется путем детальной съемки масштаба 1:10 000 и крупнее характерных участков. В качестве одного из приемов авторы предлагают построение геологических разрезов на местности методом полуинструментального «нивелирования» в масштабе 1:2 000 (1:5 000). Процедура изучения внутреннего строения интрузивных массивов в общем случае сводится к решению двух взаимосвязанных задач: 1) выявлению их внутренней неоднородности, т. е. установлению внутри массивов участков, сложенных породами, четко различающимися по внешним структурно-вещественным признакам — составу и физиографическому облику (выделение петротипов); 2) выяснению характера структурных соотношений между такими породами, которые либо могут быть связаны постепенными переходами, либо могут образовывать самостоятельные тела, разделенные контактовыми поверхностями.

При описании состава и типа интрузивных пород, кроме общепринятых упорядоченных характеристик, по мнению авторов, в первую очередь следует учитывать макрооблик (физиографию) породы, для

гранитов, например, обусловленный взаиморасположением зерен кварца и полевых шпатов [1,2]. По этому признаку среди гранитов выделяются три главных типа, повторяющихся во всех регионах среди плутонов любого возраста. Граниты каждого из этих типов образуют обособленные интрузивы в составе гетерогенных плутонов и сопровождаются специфическими пегматитами, метасоматитами и оруденением [1].

Как уже отмечалось, при выяснении строения массивов неизбежно выделение (в поле, а не по штуфам и шлифам в камеральный период) всех поддающихся картированию частных интрузивных тел, что сопряжено с употреблением понятий «резкий контакт» и «постепенный переход», неоднозначно понимаемых разными авторами. Необходимо договориться о количественной мере этих характеристик (независимо от генетической сущности). Следует считать контактом любое достаточно резкое (дискретное), т. е. скачкообразное и фиксируемое визуально изменение состава и (или) структуры пород, происходящее в интервале, несоизмеримо малом по сравнению с пространством (размерами тела), в пределах которого структурно-вещественные параметры пород сохраняются неизменными или меняются постепенно. Практика показывает, что ширина реально наблюдаемых контактовых зон колеблется от долей миллиметра (очень резкие, «спаянные» контакты) до нескольких сантиметров (обычно 1—2 см) в случае нерезких интрузивных контактов, именуемых также плывущими, скрытыми или термостатированными [2].

Резкий контакт предусматривает смену поля развития одной разновидности пород на поле распространения другой, когда хотя бы в принципе мы можем продемонстрировать контакт в одном штуфе. Постепенный переход осуществляется плавно через промежуточные разности на расстояниях, соизмеримых с размерами разнофациальных частей интрузивных тел, в связи с чем для его демонстрации необходима серия образцов, отобранных поинтервально. Важно отметить, что резко секущий, эруптивный характер контакта является крайним и относительно редким выражением контактовых соотношений между интрузивными телами. Более типичны и закономерны скрытые или термостатированные контакты как вполне естественное следствие самого интрузивного процесса, создающего условия «термостатирования», т. е. предварительного или остаточного прогревания ранее возникших интрузивных пород. Геологическая сущность и значение скрытых и резких интрузивных контактов одинаковы, однако первые распространены шире, а выявляются знательно труднее, что определяет важность их нахождения и изучения.

Существующие сейчас различные трактовки фациально-фазового строения отдельных массивов, частая подмена понятий «фаза» и «фация» во многом обусловлены недостаточным вниманием к скрытым интрузивным контактам, нечетким пониманием смысла выражений «нерезкий контакт» и «постепенный переход». Между тем постепенность перехода служит геологическим критерием одновременности, в то время как любой контакт, пусть даже и не вполне резкий, указывает на асинхронность и петрогеохимическую обособленность соприкасающихся объектов. Для уверенного распознания скрытых контактов и установления по ним последовательности формирования соприкасающихся образований необходима типизация самих контактов и приконтактовых явлений в зависимости от вариативности термодинамических факторов, определяющих характер протекающих вблизи контакта процессов кристаллизации расплава и его взаимодействия с ранее возникшей интрузивной

породой. К сожалению, специальных исследований контактов в таком направлении не проводилось, и разработка генетической систематики контактов между интрузивными породами еще только начинается [2].

Изучение истории формирования плутонов неизбежно предполагает употребление понятий «фаза», «интрузивный комплекс», «серия» и др. Авторы считают необходимым исключить возможность употребления их в качестве «терминов свободного пользования», для чего каждый термин должен быть закреплен в иерархической схеме и привязан к образцам эталонной коллекции. Во время полевых работ характер фактического материала должен отражаться элементарными понятиями, освобожденными от генетической нагрузки («разновидность», «фация», «резкий» и «термостатированный» контакты, «постепенные переходы», «фаза»); при оформлении геологических карт должны употребляться те же термины вместе с некоторыми другими (например, «интрузивный комплекс»), которые позволяют с минимальными генетическими допусками систематизировать фактический материал. При окончательных обобщениях дополнительно к указанным должна применяться третья группа терминов (например, «формация», «формационная серия» и др.), имеющих наиболее интерпретационный, генетический смысл [1,2]. Указанные принципы систематизации и выделения разноранговых подразделений интрузивных тел позволяют упорядочить всю процедуру геологического картирования интрузивных массивов.

Интрузивная фаза — элементарное или видовое таксономическое подразделение, представляющее собой совокупность внутренне однородных тел (в простейшем случае — это одно тело), сложенных однотипными породами устойчивого состава и структурно-текстурного облика и отделенных от других тел поверхностями раздела, фиксируемыми визуально.

Определение содержит два важнейших признака фазовых тел, достаточных для их опознания и картирования: внутренняя однородность или целостность, определяемая на уровне пород, и обязательное наличие внешних границ или контактов с другими телами, которое фиксируется по резким скачкообразным изменениям структурно-вещественных параметров пород, устойчиво сохраняющихся внутри фазовых тел. Возникновение контактовых поверхностей и обособление фазовых тел возможно двумя основными способами: путем неоднократного поступления отдельных порций расплава в камеру плутона из глубинного источника и в результате внутрикамерного процесса кристаллизации расплава. В соответствии с этим следует различать два основных типа интрузивных фаз — внедрения и становления [2].

Внимательное изучение контактов и чтение закодированного в них геолого-генетического содержания (в первую очередь, получение информации о последовательности формирования соприкасающихся интрузивных тел) представляют следующую после фиксации важную операцию в общей процедуре изучения контактов. Существенное значение при этом имеет выявление и интерпретация вещественных преобразований, возникающих на контакте интрузивных пород (приконтактовая лейкократизация, «базификация», развитие пегматоидов, специфических контактовых минералов и т. д.).

Важнейшей задачей геологической съемки интрузивных образований является выделение интрузивных комплексов. Интрузивный комплекс как подразделение более высокого таксономического ранга — это закономерная совокупность интрузивных фаз, объединенных признаком связанности, т. е. упорядоченная в отношении изменения состава и облика

слагающих их пород. Структурно-вещественная упорядоченность интрузивного комплекса является присущим ему внутренним свойством, вытекающим из эволюционного, закономерно направленного характера интрузивного процесса — возникновения магматического расплава, его внедрения и последующей кристаллизации. Следовательно, важнейший признак интрузивного комплекса — не однородность (в отличие от интрузивной фазы), а однонаправленность изменения структурно-вещественных характеристик внутри него, т. е. в ряду последовательно формирующихся интрузивных фаз. Однако принцип ограничения интрузивных комплексов при выделении их из среды себе подобных остается тем же, что и для интрузивных фаз: дискретность внешних границ, фиксируемая резкими нарушениями внутренней упорядоченности, переломами эволюционных трендов. Таким образом для установления границ интрузивного комплекса решающее значение должны иметь признаки, указывающие на резкую прерывистость (нарушение) эволюционных связей между интрузивными образованиями внутри выявленной суммарной последовательности их формирования. К этим признакам следует отнести не только традиционно используемые на практике геологические свидетельства перерывов интрузивной деятельности (трансгрессивное перекрытие стратифицированными осадочными и вулканогенными образованиями, проявление промежуточных автономных дайковых образований), но и любое однозначно фиксируемое нарушение структурно-вещественной упорядоченности в последовательном ряду фазовых подразделений. Естественно, что данные полевых наблюдений нуждаются в подтверждении, дополнении и углубленной проработке с использованием камеральных лабораторных методов исследования. Однако имеющийся опыт свидетельствует об основополагающей роли полевых наблюдений среди всех остальных методов изучения, которые обычно лишь подтверждают, уточняют и в чем-то углубляют результаты полевого изучения.

При выделении интрузивных комплексов отдельные интрузивные тела группируют по совокупности признаков, характеризующих комплекс как относительно целостную систему этих тел. Сущность этой процедуры состоит в сопоставлении частных возрастных рядов фазовых подразделений отдельных массивов и последующем объединении интрузивных фаз по заранее выбранной детерминированной системе признаков. Указанные корреляционные построения включают последовательное выполнение следующих операций: регистрацию совпадений петротипов сопоставляемых возрастных цепочек, т. е. идентификацию опорных интрузивных фаз; логическое сложение частных цепочек в общую непротиворечивую последовательность формирования фазовых подразделений на изучаемой территории; анализ внутренней структуры сводного возрастного ряда интрузивных фаз и разделение его на закономерно построенные, относительно обособленные части или ритмы, которые рассматриваются как самостоятельные интрузивные комплексы. Исходная операция всей корреляционной процедуры — отождествление фазовых тел частных возрастных цепочек в изученных массивах. На этом этапе в качестве опорных корреляционных признаков выступают модальный состав и структурно-текстурные особенности пород этих фаз — отождествляются интрузивные породы идентичного (или близкого) состава и облика. Как показывает опыт, самыми надежными маркирующими элементами для сопоставления являются породы ведущих интрузивных фаз, доминирующих в объеме комплекса, которые присутствуют в составе большинства массивов и составляют петротипический облик каждого ком-

плекса. Теоретические соображения и практика показывают [2], что общие для данного отрезка времени термодинамические условия кристаллизации магматических расплавов выдерживаются на значительных расстояниях, в пределах крупных блоков литосферы, обусловливая однотипность «фациального» облика одновременно формирующихся интрузивных пород, которая создает возможность параллелизовать и, следовательно, синхронизировать эти породы. Вместе с тем это обстоятельство практически исключает возможность объединения в составе одного комплекса, а тем более одного фазового подразделения пород, резко различающихся по своему физиографическому облику.

Для осуществления операции логического суммирования частных возрастных рядов интрузивных фаз важное значение имеет выявление и изучение опорных объектов, в пределах которых устанавливаются наиболее полные и представительные ряды интрузивных фаз, сложенных породами наиболее характерного и запоминающегося вида. Опорные объекты должны служить эталонами, сравнение с которыми позволит правильно оценивать и интерпретировать сокращенные, редуцированные наборы фаз в других, менее представительных массивах.

Следующая операция выделения интрузивных комплексов в упрощенном виде заключается в разделении всей совокупной последовательности интрузивных фаз, установленных в районе, на отдельные звенья (ритмы) или устойчиво повторяющиеся и закономерно построенные наборы интрузивных фаз, определяющие внутреннюю структуру интрузивных комплексов. Решение этой задачи сводится к выбору критериев определения внешних границ интрузивных комплексов. Дискретность внешних ограничений интрузивных комплексов традиционно устанавливается на основании структурных соотношений интрузивных тел с другими геологическими образованиями (осадочными, вулканогенными, дайковыми, тектоническими), фиксирующими перерывы в интрузивной деятельности. Однако этот принцип не применим к сложным полихронным плутонам, особенно к таким, в ходе формирования которых интрузивная деятельность не прерывалась другими геологическими процессами. Критерием в этом случае может служить лишь нарушение внутренней упорядоченности комплекса, т. е. закономерного изменения слагающих его интрузивных фаз (фазовых тел) по составу и структурно-текстурным особенностям пород [2].

Анализ теоретических моделей, экспериментальных данных и опыт изучения гранитоидных интрузий показывают [1,2], что строение гранитоидных комплексов подчиняется правилам гомодромности и конституционной упорядоченности пород последовательно формирующихся интрузивных фаз, независимо от генетического типа последних. Гомодромность является общей универсальной особенностью развития гранитоидного магматизма, проявляющейся независимо от способа обособления фазовых тел, образующих комплекс. Другим важнейшим свойством интрузивного комплекса является выдержанность внешнего облика пород или закономерное изменение его при переходе от главных фаз к дополнительным и затем жильным внедрениям (обычно уменьшение зернистости в этом направлении). Таким образом, нарушения перечисленных свойств могут служить, как правило, надежным критерием, определяющим внешние границы комплекса, т. е. свидетельством появления интрузивных фаз следующего, более молодого комплекса, пространственно совмещенного с телами предшествующего комплекса [1,2].

Рассмотренные принципы выделения и ограничения интрузивных

комплексов отражают наиболее часто встречающийся, типовой, вариант их внутреннего устройства, соответствующий основной тенденции в развитии дискретного магматического процесса. Однако могут возникнуть отклонения от намеченной схемы, которые вызовут нарушения изложенных закономерностей строения интрузивных комплексов. Некоторые из них изучены и рассмотрены [2].

Итак, рациональная схема полевого изучения интрузивных плутонов выглядит следующим образом: установление петротипов — поиск и прослеживание контактов — интерпретация контактовых соотношений и временной последовательности формирования соприкасающихся фазовых тел — составление общей возрастной последовательности интрузивных фаз и анализ структуры выявленного ряда — сравнение частных фазовых рядов (цепочек) отдельных изученных массивов между собой — логическое сложение их в общую суммарную последовательность интрузивных фаз, характеризующих все изученные массивы района, и расчленение ее на интрузивные комплексы (закономерно построенные наборы интрузивных фаз).

Отчетная документация геологической съемки интрузивных массивов должна включать: 1) геологическую карту и разрезы к ней; 2) коллекцию эталонных образцов и шлифов; 3) штуфы и зарисовки контактов, планы и разрезы характерных участков в крупных масштабах; 4) схему наблюдавшихся и предполагаемых возрастных взаимоотношений между всеми разновидностями интрузивных пород и жил (независимо от того, есть ли их изображения на карте данного масштаба), выполненную по типу графа; 5) обобщенную схему последовательности формирования плутона, включающую все разновидности с разбивкой на комплексы, фазы, фации. Материалы пунктов 2—5 составляются в основном до начала площадного геологического картирования в процессе подготовки легенды, имеют самостоятельное значение и во многих случаях должны стать предметом изучения тематических партий ПГО и НИИ.

Формационная типизация выделенных в процессе геологической съемки интрузивных комплексов осуществляется уже на этапе камеральных работ, так как в ее основе должны лежать широкие региональные и межрегиональные корреляционные построения. Этот вопрос здесь не затрагивается, однако важно подчеркнуть, что корректный и сопоставимый по результатам формационный анализ интрузивных образований на любом уровне обобщений невозможен без проведения регламентированного едиными правилами исходного этапа структурно-вещественных исследований интрузивных тел, выполняемых в процессе геологической съемки и соответственно формально относимых к задачам геологического картирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Бескин С. М., Ларин В. Н., Марин Ю. Б.* Редкометальные гранитовые формации. Л.: Недра, 1979, 280 с.

2. *Добрецов Г. Л., Лесков С. А., Марин Ю. Б.* Принципы расчленения и картирования гранитоидных интрузий: Метод. указания. Л.: Недра, 1988, 102 с.

3. Методическое руководство по геологической съемке масштаба 1: 50 000: Т. 1. Л.: Недра, 1978, 502 с.

4. Методические указания по геологической съемке масштаба 1: 50 000: Вып. 3. Л.: Недра, 1972, 320 с.

5. Принципы геологического картирования интрузивных и эффузивных формаций на примере петрографических исследований Северного Кавказа, Казахстана, Забайкалья и Приморья. М.: Госгеолтехиздат, 1960, 342 с.