

ЛЕКЦИИ
на курсах повышения
квалификации
геологов-съемщиков
при
ВСЕГЕИ

В. М. НЕМЦОВИЧ

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
ФОРМАЦИИ

5 867

*Лекции на курсах повышения квалификации
геологов-съемщиков при ВСЕГЕИ*

В. М. НЕМЦОВИЧ

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ



Издательство «НЕ Д Р А»
Ленинградское отделение
Ленинград · 1974

Д4
47690

75-5867

Немцович В. М. Геологические формации. Л., «Недра», 1974. 32 с. (М-во геологии СССР. Всесоюз. ордена Ленина науч.-исслед. геол. ин-т. Лекции на курсах повышения квалификации геологов-съемщиков при ВСЕГЕИ).

В брошюре анализируется состояние учения о геологических формациях на современном этапе, разные подходы и принципы выделения и классификации геологических формаций; приведены определения важнейших формационных подразделений. В предлагаемой автором классификации выделяются горизонтальные ряды формаций, которые могут возникать на одном уровне вертикального — формационного — ряда в разных фациальных условиях. Рассмотрены методика установления формационной принадлежности картируемых геологических объектов, возможности применения формационного анализа при расчленении и корреляции геологических образований в процессе геологической съемки, при поисках полезных ископаемых. Кроме того, затронут вопрос о способах отображения геологических формаций на различных картах.

Брошюра рассчитана на геологов, занимающихся геологосъемочными и поисковыми работами.

Таблиц 2, список литературы — 49 назв.

НАУЧНЫЕ РЕДАКТОРЫ:
А. С. КУМΠΑН, М. А. ЧЕРНОМОРСКИЙ

Н 20801—422
043(01)—74

© Всесоюзный ордена Ленина научно-исследовательский геологический институт (ВСЕГЕИ), 1974

ВВЕДЕНИЕ

Горные породы образуют сложные закономерно построенные геологические тела — геологические формации, повторяющиеся во времени и в пространстве, причем число однотипных сочетаний горных пород ограничено.

Геологические формации представляют собой парагенезисы (ассоциации) горных пород подобно тому, как на более низком уровне организации вещества горные породы являются парагенезисами минералов, минералы — парагенезисами элементов, а на более высоком уровне оболочки Земли представляют собой парагенезисы формаций. Следовательно, учение о формациях как ассоциациях горных пород является учением о самостоятельном уровне геологических объектов подобно петрографии, минералогии, геохимии.

Термин «формация» (от лат. *Formatio* — образование, возникновение) используется в геологии около 200 лет. Достаточно четкие определения его даны Г. Фюкселем, В. Г. Севергиным (1798), А. Брейтгауптом, Ч. Лайеллем (1866). Однако учение о геологических формациях оформилось в систему лишь в 30-х годах нашего столетия главным образом в результате работ советских ученых, которыми определены цели, содержание и методы этой науки, предложены первые варианты классификации осадочных и магматических формаций.

До настоящего времени многие проблемы учения о формациях остаются дискуссионными. Даже в термин «формация» разные геологи вкладывают разное содержание, дискуссионны принципы и методы выделения формаций. И тем не менее формационный анализ с успехом применяется при проведении различных геологических исследований, способствуя изучению разных сторон геологических явлений — осадконакопления, магматизма, тектоники, металлогении, выявлению их взаимосвязи и общих закономерностей геологического развития. Настоятельной задачей является внедрение формационного анализа в практику средне- и крупномасштабных геологосъемочных работ, при проведении которых этот метод используется пока недостаточно. Особенно важно применение формационного анализа при проведении крупномасштабной геологической съемки в районах сложного геологического строения. При практи-

кующемся в настоящее время многолетнем цикле работ одна геологическая партия обычно проводит исследования на площади двух-четырех листов, где развито значительное количество осадочных, вулканогенных и интрузивных формаций, требующих применения различной методики их картирования и поисков связанных с ними полезных ископаемых.

В условиях неуклонно продолжающейся дифференциации научных значений, усиления специализации отдельных ветвей геологии и ученых формационный анализ, синтезирующий достижения различных геологических наук, приобретает особую важность как метод, способствующий сохранению целостности, единства геологии.

ПРИНЦИПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

Имеются разные направления (подходы) в формационном анализе, отражающие различия в принципах выделения геологических формаций.

Стратиграфический подход к выделению формаций отражен в работах многих западноевропейских геологов конца XVIII и XIX вв., а также в трудах М. А. Усова [38] и его последователей. При таком подходе формации выделяются в качестве местных региональных подразделений — единиц региональной стратиграфической шкалы. Еще в 1881 г. II Международный геологический конгресс постановил исключить термин «формация» из стратиграфической терминологии. В наши дни стратиграфический подход в формационном анализе сохранился лишь у части американских геологов, использующих термин «формация» в понимании, близком к нашему термину «свита».

В настоящее время формационный анализ развивается в двух основных направлениях: парагенетическом и генетическом. При парагенетическом, или эмпирическом, подходе формации выделяются не по общности условий образования горных пород, а по их сонахождению, по повторяемости парагенезисов пород, часто генетически разнородных, обладающих определенными особенностями состава и строения. Этот подход отражен в работах Н. С. Шатского [46], Ю. А. Кузнецова [20], В. И. Драгунова [11], Н. П. Хераскова [44], Ю. А. Воронина и Э. А. Еганова [8], Ю. А. Косыгина [19] и других исследователей. В основе парагенетического подхода лежит понятие «парагенезис». Последний можно определить как сочетание горных пород, которые закономерно образуются рядом друг с другом в результате проявления последовательно направленных во времени процессов и не обязательно связаны генетически. Сторонники парагенетического подхода, подчеркивая гипотетичность генетических представлений, их субъективность, считают, что в понятие «формация» не следует вкладывать какое-либо генетическое содержание.

Представители формализованного подхода в формационном анализе (например, Ю. А. Воронин и Э. А. Еганов [8]) сводят его к решению формально поставленных задач, в частности разделения геологического пространства на пачки, группы пород, обладающие некоторыми общими значениями выбранных одного или нескольких свойств (геологических, петрографических, минералогических, геохимических и др.). Ю. А. Воронин и Э. А. Еганов не только отрицают какой-либо генетический смысл геологических формаций, но и возражают против попыток создания естественных универсальных классификаций формаций. Выделение элементарных однородных в отношении каких-либо эмпирических признаков геологических тел, конечно, полезно при решении многих практических задач и широко применяется в процессе различных геологических исследований. Однако подобные геологические тела, выраженные в физических полях, выделяются без учета важнейшего признака геологических формаций — закономерной повторяемости во времени и в пространстве каких-то определенных признаков, эмпирических или генетических.

Генетическое направление в учении о формациях основывается на выделении их по происхождению горных пород. Формации рассматриваются как группы горных пород, закономерные образующиеся в определенных геологических условиях. Можно различать три частных принципа в генетическом направлении: тектонический, фациальный и петрогенетический.

Тектонический принцип отражает направленную смену формаций в ходе развития подвижных поясов и платформ, появление определенных формаций на определенных этапах развития геоструктурных зон, повторяемость одних и тех же формаций в разных по возрасту зонах, но на одних и тех же этапах. Историко-геологический подход в выделении формаций отражен в работах Ю. А. Билибина [4, 5], В. В. Белоусова [3], В. Е. Хаина [40], Ю. А. Кузнецова [20], Н. Б. Вассоевича [7], Л. Б. Рухина [33] и других. Такой подход при выделении формаций учитывает принадлежность их к разным этапам (стадиям) развития геоструктурных зон. Обычно различают формации геосинклинальных, или подвижных, поясов и платформенные, иногда также орогенные. Геологические формации подвижных поясов группируют по их принадлежности к ранним, средним и поздним этапам (по Ю. А. Билибину), однако при установлении границ отдельных этапов возникают определенные трудности.

Ранние этапы можно определить как период преобладания нисходящих движений, прогибания первичных геосинклинальных прогибов в пределах подвижного пояса (области), сопровождающийся доинверсионными фазами складчатости, которые не приводят к резкой структурной перестройке подвижного пояса и отдельных его частей. Средние этапы — период превращения геосинклинальной области в складчатую зону при неоднократном проявлении в пределах подвижного пояса инверсионных фаз складчатости

последовательно от зон ранней стабилизации к зонам поздней стабилизации. Поздние этапы — период преобладания восходящих движений складчатой зоны (орогена) и развития вторичных прогибов при многократном проявлении слабых послеинверсионных фаз складчатости.

Иногда различают формации по отношению их к инверсии геосинклинали, выделяя доинверсионные, сининверсионные и послеинверсионные формации.

Складчатые области и платформы могут претерпевать тектоническую активизацию, сопровождающуюся возникновением своеобразных формаций периодов активизации. Различают формации отраженной (сопряженной) и автономной активизации. Тектоническая активизация как результат отражения тектоно-магматических процессов в смежных, более молодых, активно развивающихся подвижных зонах приводит к появлению ксеногенных формаций, сходных с синхронными им формациями развивающихся подвижных зон. Под этапами автономной активизации следует понимать периоды тектонического оживления геоструктурных зон, приводящие к появлению геологических формаций, усложняющих нормальный вертикальный формационный ряд, но не имеющих прямой связи с развитием более молодых смежных геоструктурных зон.

Значительно сложнее характер направленности геологических процессов в полициклических геоструктурных зонах вследствие развития вторичных подвижных поясов, закладывающихся на более древних структурах. Последовательность появления геологических формаций в таких наложенных подвижных поясах и сменяющих их платформах в общих чертах повторяет вертикальные ряды формаций более ранних подвижных зон и платформ, однако часто устанавливается неполнота развития тектоно-магматических циклов наложенных подвижных зон с выпаданием отдельных формационных типов, характерных для первичных подвижных поясов.

Наряду со стадийно направленным циклическим развитием земной коры, с повторяемостью сходных рядов формаций в разных по возрасту геоструктурных зонах проявляется также необратимость, поступательная направленность развития формаций во времени, которая отражает как различия в характере однотипных формаций в разные периоды эволюции Земли, так и преимущественную или специфическую приуроченность некоторых формаций к определенным периодам жизни Земли (например, формаций анортозитовых, чарнокитовых интрузий, джеспилитовой формации — к докембрию, угленосных формаций — к карбону и т. д.). Значению необратимости развития геологических процессов по мере эволюции Земли особенно большое значение придают А. Л. Яншин [36] и другие исследователи. Выяснение роли необратимости геологических формаций на фоне поступательного развития Земли затрудняется тем, что формации разных периодов ее существования вскрываются на разных уровнях эрозионного среза в условиях разной интенсивно-

сти проявления наложенных структурно-вещественных преобразований, а для метаморфогенных и интрузивных комплексов также и разной глубины их возникновения.

В зависимости от характера развития и особенностей строения структурно-формационных (структурно-фациальных) зон среди группы геосинклинальных формаций можно выделять эвгеосинклинальные и миогеосинклинальные, среди орогенных (поздних этапов развития подвижных поясов) — формации геоантиклинальных поднятий, межгорных котловин и внутренних впадин, среди группы платформенных — формации авлакогенов, синеклиз и щитов.

Фациальный принцип отражает условия, которые определяют наиболее характерные геолого-петрологические особенности парагенезисов, слагающих формации. Для осадочных толщ важнейшими фациальными условиями являются физико-географические — климат и палеогеографические условия. Н. М. Страхов [35] по фациальному принципу выделяет группы формаций аридного, гумидного, ледового и смешанного (осадочно-эффузивного) типов. Е. Т. Шаталов с соавторами [28] различают формации морские, лагунные, континентальные, а также связанные с областями размыва и поверхностями несогласия.

Для магматических образований важнейшими фациальными условиями, определяющими их формационную принадлежность, являются глубина застывания магмы, а для интрузий — и характер ассимиляционных процессов, и структурные условия размещения магмы среди вмещающих толщ.

В соответствии с фациальным принципом различают монофациальные и полифациальные формации. Большинство осадочных и осадочно-эффузивных формаций являются полифациальными, интрузивные формации приближаются к монофациальным.

Петрогенетический принцип (с точки зрения характера исходного вещества геологических образований) при выделении формаций используется Ф. Ю. Левинсоном-Лессингом [21], В. И. Поповым [30], Д. С. Штейнбергом, И. Д. Соболевым [47], А. Н. Кеном [17]. В соответствии с этим принципом различаются эндогенные, а среди них производные разных магм (гранитоидной, базальтоидной, перидотитовой), экзогенные (терригенные, органогенные, хемогенные) и смешанные (туфогенные) образования.

Как парагенетическое, так и генетическое направления в формационном анализе имеют свои достоинства и недостатки. Представители парагенетического подхода оперируют с достаточно легко выделяемыми парагенезисами, обладающими в большинстве своем четкими ограничениями — контактами или зонами фациальных переходов. Этот подход позволяет быстро и довольно просто переходить по методу аналогий от фактического материала к формациям без специальных сложных генетических исследований. Установление принадлежности изучаемых геологических объектов к эмпирически выделенным формационным типам позволяет делать определенные выводы эмпирического же характера о возможном

количественном соотношении пород, их особенностях, структурных соотношениях, возможных типах полезных ископаемых, которые могут быть выявлены в данной геологической обстановке.

Парагенетический подход в формационном анализе был особенно ценен в условиях, когда были крайне ограничены наши знания о характере направленности геологических процессов во времени, фациальных условиях, происхождении геологических образований, т. е. о всем том, что составляет сущность генетического анализа. В настоящее время чисто эмпирическое направление формационного анализа недостаточно полно раскрывает возможности этого метода, в частности не дает возможности экстраполировать выводы генетического характера, что является достоинством генетического подхода. Последний позволяет также выявлять и различать конвергентные формации, т. е. породные ассоциации, сходные по вещественно-структурным признакам, но различные по условиям формирования, например возникающие на разных стадиях развития геоструктурных зон.

Однако и крайний генетический подход также имеет существенные недостатки. Представители этого направления [30], [17] возражают против включения в одну формацию толщ перемежающихся пород, разных по источнику вещества (например, эффузивов и осадочных пород) или по происхождению осадочных пород. Подобные гетерогенные слоистые толщи рассматриваются упомянутыми исследователями как сочетание разных формаций. При таком подходе формация перестает быть реальным картируемым геологическим телом, что затрудняет практические исследования, особенно при геологической съемке слоистых толщ. При чисто генетическом понимании формаций установление формационной принадлежности изучаемых геологических образований требует проведения в каждом конкретном случае сложных специальных генетических исследований, что, естественно, ограничивает возможности широкого использования формационного анализа в геологической практике.

Таким образом, как крайнее эмпирическое, так и крайнее генетическое направления в формационном анализе обладают существенными недостатками. По-видимому, эти направления должны не противопоставляться друг другу, а развиваться в качестве взаимодополняющих методов единого комплексного формационного анализа. Специфичность эмпирически устанавливаемых вещественно-структурных особенностей геологических формаций лишь отражает своеобразие условий их образования. При выделении формаций необходимо учитывать как внешние особенности ассоциаций пород, так и определяющие их геологические условия: геотектоническую позицию, фациальные условия и генезис пород. Комплексный подход в формационном анализе нашел отражение в работах Ю. А. Билибина [4, 5], Н. Б. Вассоевича [7], К. Данбара и Дж. Роджерса [9], Г. Д. Афанасьева [2] и других.

В свете комплексного подхода к выделению формаций под формацией следует понимать статистически устойчивую совокупность горных пород, обладающих характерными особенностями состава и строения и образующихся в определенных геологических условиях. Определения осадочных, осадочно-эффузивных, интрузивных и рудных формаций должны быть более развернутыми. При этом определения слоистых (осадочных и осадочно-эффузивных) формаций, с одной стороны, и интрузивных — с другой, должны несколько различаться, как различаются и особенности картирования этих двух групп геологических образований.

Стратифицированные осадочные и эффузивные образования слагают в большинстве своем толщи тесно перемежающихся пород различного генезиса, картируемые в качестве серий, свит, подсвит и др. Строгое расчленение таких толщ по петрогенетическому принципу обычно невозможно, т. е. для формаций стратифицированных образований петрогенетический принцип не является ведущим.

Интрузивные образования при формировании рассеиваются как по разрезу земной коры, так и по площади. В процессе геологической съемки пространственно разобщенные интрузивы, связанные общностью времени и условий образования и являющиеся производными одной исходной магмы, объединяются в один интрузивный комплекс. Таким образом, при выделении интрузивных формаций петрогенетический принцип приобретает важнейшее значение.

Обязательными условиями при выделении как осадочных и осадочно-эффузивных, так и интрузивных формаций является своеобразие вещественно-структурных признаков слагающих их пород, т. е. учет парагенетического принципа, а также общность геотектонической позиции и фациальных условий геологических образований, объединяемых в формацию.

Таким образом, под осадочной или осадочно-эффузивной формацией следует понимать статистически устойчивую ассоциацию горных пород с характерными вещественно-структурными признаками, возникающих на определенном этапе развития геоструктурных зон в сходных фациальных условиях. Интрузивная формация — статистически устойчивая ассоциация интрузивных и генетически связанных с ними пород, обладающих характерными вещественно-структурными признаками и образующихся на определенном этапе развития геоструктурных зон в сходных фациальных условиях из исходной магмы близкого состава.

Принято различать абстрактные и конкретные формации. Абстрактная формация, или формационный тип, представляет собой обобщенный образ — модель многих конкретных для отдельных регионов формаций (однотипных свит, серий, интрузивных комплексов), часто удаленных друг от друга и имеющих нередко в разных регионах разный возраст. Осадочный и осадочно-эффузивной формациям в их местном (региональном) проявлении соот-

ветствуют свита или несколько свит (серия). Выделять формации в качестве подсвит неправильно: толщу, равную по объему формации, следует выделять в качестве самостоятельной свиты. Конкретная интрузивная формация представлена интрузивным комплексом.

Проявление формации в виде определенного геологического тела называют формационной залежью. Естественно, что отдельные формационные залежи одного формационного типа могут существенно отличаться друг от друга составом и строением, обладая вместе с тем определенными одинаковыми вещественно-структурными признаками и условиями образования.

Названия формационных типов обычно отражают наиболее характерные особенности состава слагающих их горных пород, иногда условия образования (молассовая формация, флишевая формация) или характерные для них полезные ископаемые (угленосная молассовая формация).

Рудная формация — статистически устойчивая ассоциация рудных образований одного генетического типа, связанных с одной геологической формацией.

В последние годы делаются попытки выделить метаморфические формации, хотя некоторые исследователи [29] считают это нецелесообразным, сводя формационный анализ метаморфических толщ в основном к реконструкции среди последних первичных геологических формаций.

Важнейшие особенности состава, строения и рудоносности метаморфических образований, с одной стороны, унаследованы от исходных горных пород, с другой — они могут претерпевать значительные изменения в ходе наложенных метаморфических процессов. В соответствии с этим метаморфическая формация представляет собой группу пород с характерными вещественно-структурными особенностями, включающую образования одной исходной осадочной, эффузивной или интрузивной формации, преобразованные в определенных условиях метаморфизма.

Крупные по объему эмпирически обособляющиеся гетерогенные группы метаморфических пород, объединяющие продукты метаморфизма разных исходных геологических формаций (например, «формации» чарнокитов, анортозитов и пр.), правильнее именовать «ассоциациями», выделяя их в том случае, когда невозможно установить первичную природу метаморфических образований и при решении ряда геологических вопросов.

При слабой изученности процессов метаморфизма и при проведении некоторых мелкомасштабных исследований в связи с трудностью выделения метаморфических формаций необходимо пытаться выявить среди метаморфических образований первичные геологические формации на основе реконструкции исходного состава метаморфических пород.

Важнейшая проблема формационного анализа — выделение видов (типов) формаций, решение вопроса об их объеме и количестве, т. е. систематика формаций. Наиболее важными критериями

при установлении объема формационных типов является специфичность повторяющихся структурно-вещественных признаков слагающих их парагенезисов и прежде всего своеобразие их рудоносности. Для практики геологосъемочных и поисковых работ мало что может дать выделение таких громоздких формаций, как «базальтовая» или «гранит-липаритовая» [17]. Одна базальтовая формация, по А. Н. Кену, объединяет различные по структурно-вещественным признакам, рудоносности и условиям образования группы пород — как эффузивы, так и разнообразные интрузивы (от малых гипабиссальных до сложнодифференцированных расслоенных плутонов). Вместе с тем понятие «формация» нецелесообразно отождествлять с элементарными парагенезисами высшего порядка, как это предлагают некоторые сторонники крайнего эмпирического подхода. Сложные по составу и строению формационные залежи (например, расслоенные плутоны габбро-пироксенит-дунитового состава), представляющие собой единые геологические тела, можно подразделить на значительное количество парагенезисов более высшего порядка, при выделении которых удобно использовать более дробные формационные подразделения (субформация, парагенерация, градация).

Стратиграфические объемы формаций меняются в широких пределах и охватывают для осадочных формаций интервалы от отделов до зон, а в масштабе абсолютной геохронологии — от десятков тысяч до десятков миллионов лет. Широко варьируют и мощности формаций. Наряду с формационными залежами мощностью в несколько километров встречаются весьма маломощные, что, в частности, характерно для некоторых интрузивных формаций, мощность которых не превышает первых десятков метров.

На границах отдельных формаций наблюдается значительное изменение вещественно-структурных особенностей парагенезисов пород путем резкого контакта или постепенных фациальных переходов. Некоторые геологи (М. А. Усов и другие) указывают, что границы осадочных и осадочно-вулканогенных формаций сопровождаются резкими угловыми несогласиями. Действительно, резкое несогласие обычно сопровождается сменой формаций, однако возможны межформационные угловые несогласия; нередко случается, когда смена слоистых формаций осуществляется без каких-либо несогласий и перерывов.

Помимо формаций выделяют как более мелкие внутренние их подразделения — субформации, градации, так и группы формаций — формационные ряды (серии), комагматические серии.

Под субформацией понимается парагенетическая ассоциация горных пород, являющаяся частью формации, подобно тому как подъярус является частью яруса, а подсвита — частью свиты. Своеобразие вещественно-структурных признаков парагенезисов пород является важнейшим условием выделения субформаций (так же, как и формаций), но в отличие от формации субформации обладают невысокой статистической устойчивостью, повторяемо-

стью в разных регионах. Стратифицированным слоистым толщам субформации в ее конкретном проявлении может соответствовать подсвита или свита. К интрузивным субформациям могут быть отнесены фазы, фации интрузивных образований, группы пород, различающиеся степенью дифференцированности или характером наложенных метаморфических преобразований. Примером интрузивных субформаций могут служить также различные по составу массивы, которые представляют собой разные эрозионные срезы резко неоднородных в вертикальном направлении расслоенных интрузивов.

В качестве вспомогательного формационного подразделения удобно использовать предложенный И. В. Хворовой [43] термин «градация», представляющий собой самостоятельный парагенезис в пределах одной формации.

Среди рядов формаций различают вертикальные и горизонтальные (латеральные). Вертикальный ряд охватывает группу формаций, последовательно сменяющих друг друга в пределах одного тектоно-магматического цикла. Горизонтальный ряд — группа синхронных формаций, фациально замещающих друг друга в пространстве.

Важным формационным подразделением является парагенезис формаций, под которым следует понимать совокупность геологических формаций, закономерно образующихся в результате проявления последовательно направленных тектоно-магматических процессов. Закономерно повторяющиеся в однотипных структурно-формационных зонах парагенезисы формаций представляют собой абстрактные «категории формаций».

Задачей формационного анализа является также выделение комагматических, или интрузивно-эффузивных, серий (рядов), которые представляют собой группы сближенных во времени (в пределах одного периода активизации магматической деятельности) разнофациальных магматических формаций, обладающих определенной общностью состава, структурной позиции и связанных одной областью магматического питания. Использование для этой цели термина «интрузивно-эффузивная формация» или «вулканоплутоническая формация» представляется неудачным, так как лишает понятие формации его определенности.

Представления о соотношении вулканических и интрузивных формаций весьма дискуссионны. В последние годы накапливается все больший материал, подтверждающий мнение о разорванности во времени чередующихся эффузивных и интрузивных образований, которые формируются в разных тектонических условиях. Если вулканическая деятельность проявляется в связи с вертикальными глыбовыми движениями, то интрузии формируются, очевидно, в фазы складчатости.

Создание рациональной классификации геологических формаций является важнейшей проблемой, от решения которой во многом зависят перспективы формационного анализа, возможности

широкого его внедрения в практику геологических исследований. Для осадочных формаций наиболее интересны классификации (группировки) Н. С. Шатского [46], Н. П. Хераскова [44], В. В. Белоусова [3], Л. Б. Рухина [33], В. Е. Хаина [40] и других исследователей. Для магматических формаций можно отметить классификации Ю. А. Билибина [4, 5], группы геологов ВСЕГЕИ [26], Ф. Тернера и Д. Ферхугена [37], Ю. А. Кузнецова [20], Д. С. Харкевича и В. Н. Москалевой [42]. В. И. Поповым [30] предложена детальная классификация осадочных, магматических, метаморфических и рудных формаций, отличающаяся излишней громоздкостью (включает около 400 формаций и 900 субформаций).

В табл. 1 сравниваются классификации магматических формаций (комплексов), предложенные авторами наиболее известных в литературе обобщений по естественным ассоциациям изверженных горных пород. Во всех классификациях учитывается геотектонический принцип, отражающий стадийность в развитии вертикальных рядов формаций. В некоторых классификациях частично используется фациальный принцип. В частности, В. Е. Хаин [40] выделяет аридные и гумидные формации, возникающие на одном уровне вертикального ряда в разных климатических условиях.

В предлагаемой автором классификации геологических формаций (табл. 2) в соответствии с тектоническим принципом выделяются (как и в ряде предложенных ранее классификаций) формации ранних, средних и поздних этапов развития, по Ю. А. Билибину. Учитывается также положение отдельных формаций подвижных поясов по отношению к инверсии — к главной фазе складчатости, обуславливающей превращение геосинклинали в складчатый пояс. Геологические формации среднего этапа развития подвижных зон могут быть доинверсионными, сининверсионными и послейинверсионными. В предложенной классификации некоторое отражение находят фациальные условия, обуславливающие появление горизонтальных рядов формаций, возникающих на одном этапе развития. Так, на поздних этапах подвижных поясов в зависимости от климатической обстановки образуются молассовые формации: угленосная (в гумидных условиях), красноцветная (в аридных) и сероцветная (в условиях холодного климата). Подобно этому, в платформенную стадию на одном вертикальном уровне в гумидных условиях могут возникать угленосная терригенная и известняковая формации, в аридных условиях — галогенная группа формаций, каолиновая и красноцветная терригенные формации и т. д.

Для интрузивных гранитоидных формаций важнейшими фациальными условиями являются глубина становления интрузивов, состав вмещающих толщ и характер проявления ассимиляционных процессов. В средний этап развития подвижного пояса на большой глубине возникает палингенно-метасоматическая мигматит-гранитовая формация, которая вскрывается эрозией во многих докембрийских областях. При подъеме палингенной магмы в верх-

Схема сопоставления классифи

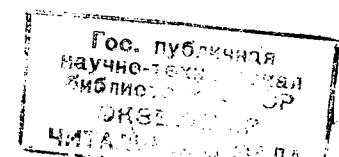
Тектонический режим	Классы формаций	По авторам „Карты магматических формаций СССР...“ [15]	По Ю. А. Кузнецову [20]	
Ранняя (госинклинальная) стадия развития подвижных зон	Эффузивные	Спилит-диабазовая	Спилит-диабазовая	Спилит-кератофировая группа
		Кератофир-спилит-диабазовая		
		Кварцевых кератофиров	Кварц-кератофировая	
		Базальтовых и андезитовых порфиритов		
		Базальтовых и трахитовых порфиритов		
	Интрузивные	Габбро-диорит-диабазовая	Габбро-диорит-диабазовая	
		Габбро-перидотитовая	Гипербазитовая	
		Перидотит-пироксенитовая		
		Дунит-пироксенит-габбровая	Габбро-пироксенит-дунитовая	
		Габбро-плагиогранитовая	Габбро-плагиогранитная, плагиогранитная	
		Габбро-сиенитовая		
		Анортозитовая	Формация анортозитов	
	Средняя (инверсионная) стадия	Эффузивные	Андезит-базальтовых порфиритов	Не выделены из базальт-липаритовой группы формаций
Диабазов и липаритовых порфиритов				
Андезит-дацитовых и липаритовых порфиритов				
Интрузивные		Диорит-плагиогранитовая	Гранитоидных батолитов пестрого состава	
		Габбро-диорит-гранодиоритовая		
		Гранит-гранодиоритовая	Гранодиорит-тоналитовых батолитов	

каций магматических формаций

По Ю. А. Билибину [4,5]	По авторам книги „Общие принципы регионального металлогенического анализа...“ [26]
Спилит-кератофировый магматический комплекс [4]	Спилит-кератофировая
Ортофировый комплекс [4]	
Гипербазитовые интрузивные комплексы [4]	Гипербазитовый комплекс
Габбро-плагиогранитный комплекс [4]	Перидотит-габбровый комплекс
Габбро-граносиенитовый комплекс [4]	Габбро-диоритовый и габбро-граносиенитовый комплексы
Анортозит-чарнокитовые интрузивные комплексы [4,5]	
Эффузивы, предшествующие и следующие за батолитовыми интрузиями гранитоидов; не подразделены на формации и комплексы [5]	Осадочно вулканогенные (эффузивы преимущественно среднего и кислого состава)
Диоритовая (добатолитовая) субформация гранитоидной формации [5]	Предбатолитовый комплекс диоритовых малых интрузий
Комплекс умеренно кислых гранитоидов [4]	Батолитовый комплекс умеренно кислых гранитоидов

Тектонический режим	Классы формаций	По авторам „Карты магматических формаций СССР...“ [15]	По Ю. А. Кузнецову [20]
Средняя (инверсионная) стадия	Интрузивные	Гранитовая	Гранитных батолитов
		Габбро-гранссениит-гранитовая	
		Мигматит-плагногранитовая Мигматит-гранитовая Кордиерит-гранатовых мигматит-гранитов	Мигматитов амфиболитовой фации и связанных с ними анатектитов
		Чарнокитовая	Мигматитов фации гиперстеновых гнейсов и связанных с ними чарнокитов
Поздняя (консолидационная) стадия	Эффузивные	Андезитовая (андезитовых порфиритов)	Андезитовая
		Липаритовая (липаритовых порфиритов)	Липаритовая
		Трахиандезитовая (трахиандезитовых порфиритов)	Трахиандезитовая
		Трахилипаритовая (трахилипаритовых порфиритов)	
		Липарит-базальтовая (липаритовых порфиритов — базальтовых порфиритов)	Базальт-липаритовый подтип трапповой формации
		Диабазовых и пикритовых порфиритов	
	Интрузивные	Диорит-гранодиоритовая	Габбро-диорит-гранодиоритовая
		Гранодиорит-гранитовая	
		Гранит-лейкогранитовая	Субвулканических гранитов
		Аляскитовая	

По Ю. А. Билибину [4,5]	По авторам книги „Общие принципы регионального металлогенического анализа...“ [26]
Комплекс кислых и ультракислых гранитов [4]	Батолитовый комплекс кислых и ультракислых гранитов
Эффузивы состава липаритов, дацитов и андезитов не разделены на комплексы [4]	Наземно-вулканогенные, андезито-дацитовые и липарито-дацитовые
Толщи наземных эффузивов кислого состава повышенной щелочности конечных этапов развития [4]	
	Наземно-вулканогенные, андезито- и липарито-дацитовые
Постороженная диоритовая [4]	
Комплекс кислых и ультракислых гранитов поздних этапов [4]	Комплекс гранитоидных интрузий (послебатолитовый)



Тектонический режим	Классы формаций	По авторам „Карты магматических формаций СССР...“ [15]	По Ю. А. Кузнецову [20]
Поздняя (консолидационная) стадия	Интрузивные	Гранит-граносиенитовая	Габбро-монзонит-сиенитовая
		Щелочных граносиенитов, щелочных и нефелиновых сиенитов	
		Щелочных габброидов, щелочных и нефелиновых сиенитов	
		Щелочных гранитов и сиенитов	
		Гранитов рапакиви	Рапакиви
Постконсолидационная активизация	Эффузивные	Базальтовая (толеитовая)	
		Трахибазальтовая	Щелочная оливин-базальтовая (трахибазальтовая) континентов
		Щелочных базальтоидов	Щелочно-базальтоидная
		Базальт-андезитовая	Андезитовая
	Интрузивные	Перидотит-пироксенит — норитовая (расслоенных интрузий)	Дифференцированных габбро-вых и норитовых интрузий
		Щелочно-ультраосновная с карбонатитами	Центральных интрузий щелочных и ультраосновных пород с карбонатитами
		Щелочных и нефелиновых сиенитов	
		Щелочных габброидов и лампрофиров	Интрузивные проявления щелочно-базальтоидной
	Платформенные	Трапповая	Трапповая (толеит-базальтовая)
		Кимберлитовая	Кимберлитов
		Щелочно-ультраосновная с карбонатитами	Центральных интрузий щелочных и ультраосновных пород с карбонатитами
		Щелочных сиенитов с карбонатитами	
		Агпайтовых нефелиновых сиенитов	Центральных интрузий агпайтовых нефелиновых сиенитов

По Ю. А. Билибину [4, 5]	По авторам книги „Общие принципы регионального металлогенического анализа...“ [26]
Малые или трещинные интрузии граносиенитов, щелочных гранитов, аляски-тов конечных этапов [5]	Комплексы гранитоидных и более основных интрузий
Эссекситовая и монзонитовая [5]	Комплекс малых интрузий щелочных и субщелочных пород
Интрузии щелочных гранитов и сиенитов конечных этапов [4]	
Комплекс гранитов рапакиви [4]	
Трапповая [4]	Трапповая формация
Блиповерхностные комплексы щелочных перидотитов типа кимберлитов [4]	
Глубинные комплексы щелочных перидотитов, сопровождаемые щелочными и ультраосновными породами [4]	Глубинные комплексы щелочных перидотитов и пироксенитов, сопровождаемые щелочными породами
Комплексы крупных тел щелочных пород типа нефелиновых сиенитов [4]	Комплексы щелочных пород типа нефелиновых сиенитов

Классификация геоло

Группы формаций		Осадочные и осадочно-эффузивные форма				
Платформы		Угленосная терригенная (у)	Изестня- ковая (з)	Кремнистая (м)	Галогенная группа формаций (о)	Каоли терри (к)
		Щелочно-базальтовая (щ), в том числе суб				
		трахибазальтовая (шт)	нефелин- базальтовая (щн)		эссексит- базальтовая (щэ)	
		Трапповая (т)				
Подвижного пояса	Позднего этапа	Постинвер- сионной стадии	Базальтовая (б)			Молас сероцветная (е)
			Порфировая группа формаций: липаритовая (п) трахианде- зитовая (х) андезитовая (в)			
	Среднего этапа	Синин- версион- ной стадии				
			Карбонатного флиша (р)	Терригенного фли		
			Флишоидная (и)			
	Раннего этапа	Доинвер- сионной стадии	Граувакковая (г)			
			Кремнисто-спилито- диабазовая (с)	(андезито порфировая)		
			Аспидная (нижняя терриген			

Таблица 2

гических формаций		Интрузивные формации				
новоя генная	Красно- цветная терригенная (я)	Агпантовых нефелиновых сиенитов (А)				
	лейцит- базальтовая (щл)	Кимберлитовая (К)	Щелочно-ультраосновная с карбонатами (Щ)			
		Трапповая (Я)	Дунит-пироксенит-норитовая (С)			
совые	красноцветная (ц)	Габбро- диабазовая (З)	Дунит-пироксенит- анортозит-габбровая (Д)		Сиенит-габбровая (И)	
		Гранитовая (Г)	Габбро- монзонит- гранитовая (Ц)	Щелочных гранитов (Ч)	Гранит- сиенитовая (Е)	Рапакиви (Р)
ша (ф)		Габбро-диорит- гранодиоритовая (Б)	Гранодиоритовая (Н)		Мигматит-грани- товая (М)	
		Габбровая (В)	Перидотит-пироксенит- габбровая (П)			
вая (а)		Гипербазитовая (У)				
ная) (д)						

ние горизонты земной коры в зависимости от состава вмещающих толщ и характера ассимиляционных процессов образуются батолитообразные плутоны габбро-диорит-гранодиоритовой формации (при размещении гранитоидной магмы среди основных и средних по составу вмещающих толщ в условиях железо-кальциево-магние-вой ассимиляции), обычно несколько более поздней гранодиоритовой формации, возникающей главным образом среди флишеидных толщ в условиях алюмосиликатной ассимиляции. Горизонтальный ряд гранитоидных формаций позднего этапа подвижного пояса включает гранитовую формацию, локализирующуюся преимущественно среди терригенных толщ, габбро-монзонит-гранитовую формацию, возникающую при размещении магмы среди основных по составу толщ; при проявлении карбонатной ассимиляции образуются интрузии гранит-сиенитовой формации, на большой глубине проявляется палингенно-метасоматическая формация рапакиви.

Для интрузивных формаций весьма подвижных базальтоидной и щелочно-ультраосновной магм важнейшее значение имеет характер размещения магмы среди вмещающих толщ, определяющий во многом размеры и степень дифференциации интрузивов. Так, синхронно со слабодифференцированными интрузивами габбро-диабазовой формации позднего этапа, возникающей преимущественно при размещении магмы среди слабодислоцированных толщ, в жестких сложно дислоцированных толщах нижних структурных этажей могут формироваться расслоенные плутоны дунит-клинопироксенит-анортозит-габбровой формации [24]. По-видимому, различия в структурной обстановке являются важнейшей причиной одновременного появления в ранние этапы подвижного пояса слабодифференцированной габбровой и сильно дифференцированной перидотит-пироксенит-габбровой формации; в разных структурных условиях возникают недифференцированная кимберлитовая формация и формация сильно дифференцированных щелочно-ультраосновных пород с карбонатитами.

Учет фациального принципа при классификации формаций и при выделении горизонтальных формационных рядов способствует выявлению сложных соотношений между различными формациями, в том числе и синхронными, которые могут возникать в разных структурно-фациальных зонах, структурных этажах, в разных по составу толщах.

ФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРИ ГЕОЛОГОСЪЕМОЧНЫХ РАБОТАХ

Выделение формационных типов, изучение условий их возникновения, создание классификаций формаций — все это составляет сущность формационного анализа в широком его понимании. В процессе геологической съемки формационный анализ может быть ограничен задачей установления формационной принадлеж-

ности изучаемых геологических образований, что позволяет делать ряд важных выводов. При этом определение формационной принадлежности картируемых геологических объектов не требует в каждом конкретном случае обязательного знания всех признаков геологических формаций, включая выяснение положения их в истории развития, фациальной обстановки формирования, генезиса пород.

На практике эта задача может быть решена путем сопоставления полученных в ходе геологического картирования данных об условиях залегания, составе и строении изучаемых массивов, пачек, свит и т. п. с обобщенными характеристиками отдельных выделенных и изученных абстрактных формаций и учета сведений о возрасте групп пород. В литературе, посвященной рассмотрению геологических формаций, имеются достаточно полные описания многих формационных типов, которые могут использоваться для установления формационной принадлежности картируемых образований. Выработка объективных количественных диагностических вещественных признаков (структурных, минералогических, петрографических, геохимических, геологических) отдельных формационных типов позволит формализовать и значительно упростить выделение геологических формаций при проведении геологосъемочных работ.

Установив положение картируемых геологических образований в классификации формаций, можно на основании аналогии с выявленными на обширном материале данными об условиях их возникновения делать определенные генетические выводы даже в тех случаях, когда нет возможности провести специальные исследования в этом направлении.

Так, закономерное появление отдельных геологических формаций на определенных этапах развития геоструктурных зон, их повторяемость во времени и в пространстве позволяют использовать формационный анализ для преодоления трудностей, возникающих при стратиграфическом расчленении геологических образований на свиты, серии, интрузивные комплексы, определении их границ и объемов, установлении возраста, их корреляции. Особенно важно применение формационного анализа при изучении немых толщ, а также интрузий среди древних вмещающих толщ, когда прямые данные о возрасте отдельных групп пород крайне незначительны или отсутствуют. Именно в таких условиях, а также при слабой изученности районов часто выделяются интрузивные комплексы, искусственно объединяющие различные по геолого-петрологическим особенностям, условиям образования и металлогении интрузии. Таковы, например, выделяемый в Прибайкалье муйский протерозойский комплекс, архызский герцинский комплекс Северо-Западного Кавказа, уруштенский каледонский комплекс Северного Кавказа, каждый из которых включает интрузии серпентинизированных гипербазитов альпийского типа, пространственно связанные с ними габбро-амфиболитовые массивы, батолитоподобные

плутоны состава габбро-диориты — плагиограниты, трещинные плутоны существенно калиевых гранитоидов. Предварительный формационный анализ подобных комплексов позволяет расчленить их самостоятельные интрузивные формации, каждой из которых должен отвечать конкретный интрузивный комплекс, и наметить вероятное положение последних в истории развития региона.

Например, линейно вытянутые интрузивы гипербазитов, размещающиеся среди спилит-кератофировых толщ офиолитовых поясов и включаемые в состав упомянутых выше комплексов Прибайкалья и Кавказа, судя по особенностям их состава, строения, условий залегания и рудоносности, аналогичны интрузиям гипербазитовой (дунит-гарцбургитовой) формации раннего этапа развития подвижных зон. Интрузии этой формации широко развиты в офиолитовых поясах разных регионов и, как выясняется на материале хорошо изученных районов, формировались в период наиболее интенсивного проявления вулканической деятельности доинверсионной стадии.

В настоящее время во всех регионах недостаточно выяснены происхождение и возрастное положение массивов габбро-амфиболитов, пространственно тесно связанных с гипербазитами. Однако несомненно, что эти интрузии близки по возрасту к гипербазитам и, вероятно, формировались несколько позднее последних, будучи комагматичными вулканитам доинверсионной порфиритовой (андезитовой) формации. Крупные батолитоподобные плутоны, представленные пестрым набором пород (от гранитоидов натриевого ряда до диоритов и габбро с мощными зонами гибридизма и экзоконтактного воздействия), сопровождают проявление главной (инверсионной) складчатости и предшествуют накоплению осадочно-вулканогенных отложений послеинверсионного (орогенного) этапа развития подвижных зон. Трещинные плутоны гранитоидов повышенной щелочности (от аляскинтов до монцонитов) принадлежат к гранитовой послеинверсионной формации, которая формировалась в период проявления послеинверсионного магматического цикла и является комагматичной вулканогенным образованиям порфировой группы формаций.

Даже в хорошо изученных районах сложные по составу полихронные гетерогенные массивы, состоящие из нескольких разорванных во времени интрузивных тел, в процессе геологического картирования геологи нередко ошибочно относят к одному интрузивному комплексу, рассматривая их как многофазные интрузии. Эмпирический формационный анализ на основе сопоставления фактического материала по отдельным группам пород помогает избежать подобных ошибок и выделить разные формации в пределах гетерогенных интрузивов.

Установление геологических формаций, вертикальных и горизонтальных рядов их может оказать значительную помощь при решении вопросов, связанных со стратиграфическим расчленением, изучением взаимоотношений и корреляцией осадочных и осадочно-

эффузивных толщ. Сопоставление выделенных при геологической съемке вертикальных рядов формаций с типовыми рядами помогает выявить конкретные тектоно-магматические циклы. Выпадение отдельных формационных типов из обычной их последовательности может рассматриваться в качестве указания на возможность региональных перерывов и несогласий. Наоборот, усложнение обычной последовательности проявления геологических формаций во времени является признаком возможной тектоно-магматической активизации региона в определенные периоды его развития. Выделение формаций и их рядов содействует упорядочению стратиграфических схем и колонок различных районов и структурно-формационных зон. При этом следует подчеркнуть недопустимость составления при крупномасштабных исследованиях одной стратиграфической колонки для района, включающего разные структурно-формационные зоны.

Формационный анализ облегчает решение важнейших задач, возникающих на разных этапах прогнозирования и поисковых работ. В частности, этот метод помогает выбрать площади для постановки крупномасштабных геологосъемочных работ, наметить круг полезных ископаемых, выявления которых можно ожидать при изучении отдельных районов, установить генетическую связь оруденения с теми или иными геологическими образованиями, при оценке и разбраковке многочисленных рудопроявлений.

Например, выявленные металлотрией ореолы рассеяния никеля в связи с ультраосновными породами не могут рассматриваться в качестве перспективных на выявление сульфидных месторождений никеля, если эти ореолы связаны с ультрабазитами гипербазитовой формации офиолитовых поясов. Такие ореолы подлежат отбраковке, поскольку известно, что в породах гипербазитовой формации никель присутствует в основном в силикатной форме, непригодной для промышленного извлечения, и лишь небольшая его часть переходит в процессе наложенной гидротермальной переработки ультраосновных пород в сульфидную форму, образуя редкие и незначительные рудопроявления никеля. С другой стороны, в ультраосновных породах группы габбро-перидотитовых формаций никель присутствует главным образом в пригодной для извлечения сульфидной форме, в связи с чем ореолы рассеяния никеля, связанные с плутонами габбро-перидотитовых формаций, при тех же концентрациях никеля, что и в породах гипербазитовой формации, должны рассматриваться как потенциально перспективные.

При изучении каждой геологической формации следует применять свою рациональную методику геологического картирования. Формационный анализ, помогая использовать опыт изучения отдельных формаций в различных регионах, позволяет быстро и своевременно выбрать рациональную методику изучения и картирования различных геологических образований, правильно наметить важные вопросы детального геологического, петрографиче-

ского, фациального изучения отдельных картируемых свит, комплексов, толщ и пр. Например, различна методика геологического картирования ультраосновных интрузий гипербазитовой (дунит-гарцбургитовой) формации офиолитовых поясов, с одной стороны, и расслоенных ультраосновных плутонов группы габбро-перидотитовых формаций — с другой.

Ультраосновные интрузии гипербазитовой формации сравнительно слабо дифференцированы (от пироксенитов до дунитов), породы обычно сильно серпентинизированы, характерно полное отсутствие в их составе плагиоклаза, акцессорные представлены хромитом и магнетитом. С интрузиями гипербазитовой формации связаны месторождения хризотил-асбеста, талька, магнезита, гистеромагматических руд хромита. Для ультраосновных интрузий габбро-перидотитовых формаций характерна сильная дифференцированность, приводящая к постоянным переходам ультрабазитов к плагиоклазосодержащим разностям; из акцессорных минералов обычны титаномагнетит и апатит, отсутствующие в породах гипербазитовой формации; отношение магния к железу значительно ниже, чем в гипербазитах офиолитовых поясов. С ультраосновными расслоенными плутонами габбро-перидотитовых формаций связаны месторождения хромита (раннемагматические аккумулятивные руды), платины, титана, никеля; месторождения нерудных полезных ископаемых — с интрузиями этого типа формируются в основном лишь в экзогенных условиях.

Перечисленные выше различия в составе, строении и рудоносности ультраосновных массивов различных формационных типов определяют специфику методики их картирования — как изучения геологического строения в целом, так и углубленного исследования элементов, контролирующих оруденение. Так, при геологической съемке серпентинизированных плутонов гипербазитовой формации, перспективных на выявление месторождений хризотил-асбеста, важнейшей задачей является выделение и оконтуривание зон различной степени и характера серпентинизации (эффективна магнитометрия, необходимо тщательное петрографическое изучение пород), выявление тектонических нарушений (эффективно дешифрирование аэрофотоснимков), детальное расчленение и оконтуривание различных прорывающих гипербазиты мелких трещинных интрузивов кислого и среднего состава. При изучении крупных массивов гипербазитовой формации, перспективных на выявление гистеромагматических руд хромита, необходимо изучать трещинную тектонику, контролирующую локализацию руд хромита.

Приуроченность промышленно ценных магнийхромитовых руд в пределах массивов к дунитам и богатым магнием гарцбургитам определяет необходимость детального расчленения интрузивов по особенностям первичного состава слагающих их пород, что крайне трудно при сильной их серпентинизированности и требует применения какой-либо специальной методики (например, экспресс-методов полевого определения содержания в породах магния, железа,

возможно, кальция и алюминия). Связанные с ультраосновными расслоенными плутонами габбро-перидотитовых формаций руды хрома, платины, титана и никеля подчинены в своем размещении в основном элементам первичного расслоения плутонов. Важнейшая задача при геологической съемке таких интрузий — выявление и прослеживание отдельных «горизонтов», пачек, благоприятных для оруденения, для чего необходимо составление детальных геологических разрезов с последующим прослеживанием отдельных горизонтов и пачек теми или иными методами (исхаживания, дешифрирования, магнитометрии, структурного анализа, петрографического картирования).

Послеинверсионные трещинные интрузии нормальных и калиевых гранитов (гранитовая формация) часто образуют достаточно крупные плутоны, которые при геологической съемке обычными методами вырисовываются как изотропные однообразные поля, сложенные одной разностью пород. Для расчленения по составу и выявления внутреннего строения массивов гранитовой формации целесообразно выделять и оконтуривать породы, различающиеся по содержанию какого-либо минерала (кварца, биотита) или по составу плагиоклаза и по другим характеристикам. С молодыми трещинными интрузивами существенно калиевых гранитов связано редкометальное оруденение (вольфрам, молибден, олово и др.), которое имеет тенденцию к концентрации в апикальных частях массивов, в куполообразных участках волнистой кровли. Для таких интрузивов крайне важно определить глубину эрозионного среза отдельных участков массивов и восстановить морфологию размытой кровли плутонов. При изученности интрузий гранитовой формации целесообразно составлять специальные карты эрозионного среза на основе изучения пространственной ориентировки плоскостей пластовой отдельности гранитоидов.

Выделение комагматических серий способствует выяснению возрастных соотношений и установлению генетической общности между отдельными вулканогенными и интрузивными формациями. В качестве главных признаков, указывающих на комагматичность разнофациальных магматических проявлений, рассматривают: 1) временную близость вулканических и интрузивных образований; 2) пространственную приуроченность к одним и тем же тектоническим структурам; 3) сходство вещественного состава пород.

При сопоставлении разнофациальных магматических пород отбираются наиболее устойчивые характеристики их вещественного состава, мало зависящие от условий образования и отражающие состав исходной магмы. При этом учитывается набор минералов и элементов, их количественные характеристики и особенно количественные отношения элементов кристаллохимической группы. Хорошие результаты дает метод линейных дискриминантных функций, позволяющий проводить множественную корреляцию между различными элементами. Нередко надежным признаком при установлении комагматичности пород служит отношение стабильных

изотопов некоторых элементов ($\text{Pb}^{206}/\text{Pb}^{204}$; $\text{Pb}^{208}/\text{Pb}^{204}$; $\text{Si}^{28}/\text{Si}^{30}$; $\text{C}^{12}/\text{C}^{13}$ и др.).

При использовании особенностей вещественного состава магматических пород в качестве критериев их комагматичности должна учитываться возможность влияния на эти особенности фациальных условий образования пород, и в первую очередь глубины их формирования, характера гибридизма и дифференциации магмы. Например, при размещении интрузивов среди карбонатных толщ в условиях карбонатной ассимиляции возможно появление в составе массивов щелочных пород, отсутствующих среди комагматичных эффузивов и в интрузивах, одновременно формирующихся в приповерхностных условиях или среди толщ иного состава.

Выявление сходства между различными магматическими проявлениями, в частности эффузивными и интрузивными, и объединение их в комагматические серии не должно отвлекать внимание от важнейшей задачи: установления различий, позволяющих расчленять магматические образования на более дробные группы, формации, комплексы, субформации с последующей оценкой перспектив рудоносности каждой из групп.

Выделение геологических формаций и закономерных типов их пространственных сочетаний — парагенезисов формаций — должно лежать в основе тектонического, металлогенического, а также геолого-экономического районирования. Использование формационного анализа при районировании площадей позволяет наиболее просто и вместе с тем полно учесть основные геологические и металлогенические особенности и методику изучения отдельных частей района.

К настоящему времени накоплен достаточный опыт составления карт геологических формаций, а также металлогенических и тектонических карт на формационной основе. Такие карты составляют, как правило, в мелком, реже среднем масштабах. В «Основных положениях...» [27] содержится рекомендация отражать формационную принадлежность геологических объектов на картах закономерностей размещения полезных ископаемых, входящих в обязательный набор прилагаемых к отчету графических приложений.

При составлении средне- и крупномасштабных специализированных карт на формационной основе особое внимание необходимо уделять выделению внутрiformационных подразделений — субформаций, градаций, отображению особенностей вещественного состава и структуры отдельных формаций и их частей, выделению продуктов метасоматоза. При составлении таких карт появляется возможность отразить: структурно-фациальные условия проявления отдельных формаций и составляющих их групп пород, связь формационных подразделений магматических образований с определенными элементами состава и структуры вмещающих пород; глубину формирования и глубину эрозионного среза отдельных формационных залежей; выделить фациальные разновидности оса-

дочных формаций, различающихся особенностями осадконакопления и др. Выделение структурно-фациальных форм проявления геологических формаций крайне важно для разработки научно-методических основ поисков месторождений полезных ископаемых, при решении проблемы металлогенической специализации магматических комплексов и пр.

Возможно также отражение формационной принадлежности геологических тел непосредственно на геологических картах, включая крупномасштабные. При этом условные обозначения не должны перегружать геологическую карту, основным назначением которой является отображение фактического материала. Удобно показывать формации на геологических картах строчными (для слоистых образований) и прописными (для интрузий) буквами русского алфавита, которые ставятся перед индексами, обычно используемыми на геологических картах. Например, $f_{C_{m1}}$ — флишевая формация нижнего кембрия; $\Gamma\gamma dD_2$ — гранитовая формация гранитов и диоритов среднего девона. Предлагаемые (в качестве примера) буквенные обозначения отдельных формационных подразделений см. в табл. 2. Рекомендуемый способ изображения формаций несколько не загружает геологической карты и не меняет принципы их составления. Вместе с тем на геологической карте подчеркиваются различия между комплексами, близкими по набору пород с различной металлогенической специализацией.

Формационная принадлежность геологических объектов должна выясняться на разных стадиях проведения геологической съемки. Даже предварительное определение формационной принадлежности изучаемых геологических образований в начальный этап исследований способствует правильной металлогенической оценке перспектив района в целом и отдельных групп пород и помогает наметить рациональный комплекс исследований. Естественно, что в ходе проведения геологосъемочных работ и особенно в процессе анализа и обобщения собранных данных уточняется формационная принадлежность отдельных свит, толщ, массивов, групп интрузий.

Формационный анализ должен стать научной базой геологической съемки, широко используемой при решении вопросов, возникающих в процессе геологического картирования. Особенно важен формационный анализ при исследовании слабоизученных площадей, включая нижние ярусы в районах двух- и трехъярусного строения, где в связи с ограниченностью фактического материала использование аналогии с детально изученными на многих примерах формационными типами дает высокий эффект при минимальных затратах.

Для широкого внедрения формационного анализа в практику геологосъемочных и поисковых работ необходимо:

1) составить единую рабочую классификацию геологических формаций на основе принципов, наиболее приемлемых для геологической съемки. Такая классификация должна быть рекомендо-

вана на данном этапе развития учения о формациях для использования ее в практической работе геологов;

2) провести типизацию структурно-формационных зон по характеру наборов рядов и парагенезисов формаций;

3) составить по отдельным регионам и структурно-формационным зонам легенды к крупномасштабным геологическим картам с учетом формационной принадлежности геологических комплексов (свит, серий, интрузивных комплексов и т. д.);

4) провести анализ и выбор отличительных признаков отдельных формаций (включая выработку количественных признаков), которые можно было бы использовать при определении формационной принадлежности картируемых групп пород;

5) выработать рациональный комплекс методов геологической съемки и поисков применительно к различным формационным типам на основе проведения опытно-методических работ на отдельных типичных конкретных формациях («литотипах» для осадочных формаций и «петротипах» для магматических).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев Г. Д. Особенности геологического картирования магматических формаций на примере Северного Кавказа. — В кн.: Принципы геол. картирования интруз. и эффуз. формаций. М., Госгеолтехиздат, 1960. 342 с.

2. Афанасьев Г. Д. Некоторые вопросы геологической петрологии. — «Изв. АН СССР. Сер. геол.», 1969, № 9, с. 14—15.

3. Белоусов В. В. Основные вопросы геотектоники. М., Госгеолтехиздат, 1962. 608 с.

4. Билибин Ю. А. Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. М., Госгеолтехиздат, 1955. 88 с.

5. Билибин Ю. А. Избранные труды. Т. 2. М., Изд-во АН СССР, 1959. 499 с.

6. Вассоевич Н. Б. К вопросу об условиях образования флиша. — «Изв. АН СССР. Сер. геол.», 1940, вып. 4, с. 37—65.

7. Вассоевич Н. Б. История представлений о геологических формациях (геогенерациях). — В кн.: Осад. и вулканоген. формации. Л., «Недра», 1966, с. 5—35. (Труды ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 128).

8. Воронин Ю. А., Еганов Э. А. К построению формальных основ учения о формациях. — В кн.: Геол. формации, вып. 1. Л., изд. ВСЕГЕИ, 1968, с. 38—41.

9. Данбар К., Роджерс Дж. Основы стратиграфии. М., Изд-во иностр. лит., 1962. 363 с.

10. Добрецов Н. Л., Соболев В. С., Хлестов В. В. Принципы выделения и классификация регионально-метаморфизованных формаций. — «Геология и геофизика», № 3, 1969, с. 3—16.

11. Драгунов В. И. К терминологии формационных подразделений. — В кн.: Осадочные и вулканогенные формации. Л., «Недра», 1966, с. 46—47. (Труды ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 128).

12. Заридзе Г. М. Типы эндогенных геологических формаций. Тбилиси, «Ганатлеба», 1966. 72 с.

13. Иванов Р. Внутрiformационный анализ магматизма. — «Изв. Геол. ин-та Болгарской АН», 1968, кн. 17. София, «Техника», с. 311—326.

14. Каледонский комплекс ультраосновных щелочных пород и карбонатов Кольского полуострова и Северной Карелии. М., «Недра», 1965. 772 с. Авт.: А. А. Кухаренко, М. П. Орлова, А. Г. Булах и др.

15. Карта магматических формаций СССР. М-б 1:2 500 000. Краткая объяснительная записка. Л., 1971. 88 с.

16. Келлер Б. М. Флишевая формация палеозоя в Зилаирском синклинии на Южном Урале и сходные с ней образования. — «Труды ИГН АН СССР», 1949, вып. 104. 164 с.

17. Кен А. Н. Геологические формации центральной части Алтае-Саянской складчатой области и их рудоносность. Л., «Недра», 1964, с. 25—57. (Труды ВСЕГЕИ, нов. сер., т. 103).

18. Коптев-Дворников В. С. Основы геологического картирования формаций изверженных пород на примере Центрального Казахстана. — В кн.: Принципы геол. картирования интруз. и эффуз. формаций. М., Госгеолтехиздат, 1960, с. 270—326.

19. Косыгин Ю. А. Тектоника. М., «Недра», 1969. 616 с.

20. Кузнецов Ю. А. Главные типы магматических формаций. М., «Недра», 1964. 387 с.

21. Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Проблемы магмы. — «Учен. зап. Ленингр. ун-та», 1937, № 17, с. 191—200.

22. Михайлов Н. П. Основные проблемы изучения магматических формаций ранних стадий развития складчатых систем. — «Труды ВСЕГЕИ. Нов. сер.», 1971, т. 158, с. 33—48.

23. Наливкина Э. Б. Классификация магматических формаций древних подвижных областей и платформы. — «Сов. геология», 1968, № 5, с. 139—141.

24. Немцович В. М. О расслоенных базитовых интрузиях Алтае-Саянской складчатой области. — «Докл. АН СССР», 1968, т. 182, № 1, с. 161—163.

25. Немцович В. М. О выделении и классификации геологических формаций. — «Изв. АН СССР. Сер. геол.», 1969, № 10, с. 142—147.

26. Общие принципы регионального металлогенического анализа и методика составления металлогенических карт для складчатых областей. — В кн.: Мат-лы ВСЕГЕИ, вып. 22. Под ред. П. М. Татарина, В. Г. Грушевого, Г. С. Лабзина. М., Госгеолтехиздат, 1957. 150 с.

27. Основные положения организации и производства геологосъемочных работ масштаба 1:50 000 (1:25 000). М., «Недра», 1968. 55 с.

28. Основные принципы составления, содержание и условные обозначения металлогенических и прогнозных карт рудных районов. М., «Недра», 1964. 193 с. Авт.: Е. Т. Шаталов, А. В. Орлова, К. В. Яблоков и др.

29. Половинкина Ю. И. Направленное тектоно-магматическое развитие земной коры. — «Труды ВСЕГЕИ. Нов. сер.», 1971, т. 158, с. 25—33.

30. Попов В. И. Опыт классификации и описания геологических формаций. Ч. 1 и 2. Л., «Недра», 1966, 1968. 208 и 551 с.

31. Родионов Д. А. К вопросу о статистической теории однородности геологических совокупностей. — «Геохимия», 1965, № 4, с. 466—473.

32. Рундквист Д. В. Вопросы изучения филогенеза месторождений полезных ископаемых. — «Зап. Всесоюз. минер. о-ва», 1968, ч. 97, вып. 2, с. 191—209.

33. Рухин Л. Б. Основы литологии. Изд. 3. Л., «Недра», 1969. 703 с.

34. Севергин В. М. Первые основания минералогии или естественной истории ископаемых тел. Кн. 1. СПб., 1798. 498 с.

35. Страхов Н. М. Основы теории литогенеза. Т 1 и 2. М., Изд-во АН СССР, 1960. 212 и 573 с.

36. Тектоника Евразии. Объяснительная записка к тектонической карте Евразии, м-б 1:5 000 000. Гл. ред. А. Л. Яншин. М., «Наука», 1966. 486 с.

37. Тернер Ф., Ферхуген Дж. Петрология изверженных и метаморфических пород. М., Изд-во иностр. лит., 1961. 592 с.

38. Усов М. А. Фации и формации горных пород. — В кн.: Вопросы геологии Сибири. Т. 1. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1945, с. 23—30.

39. Устиев Е. К. Проблемы вулканизма — плутонизма. Вулкано-плутонические формации. — «Изв. АН СССР. Сер. геол.», 1963, № 12, с. 3—30.

40. Хаин В. Е. Общая геотектоника. М., «Недра», 1964. 479 с.

41. Хаин В. Е. Об общих закономерностях развития тектонических процессов во времени — проблемы прерывистости — непрерывности, цикличности — направленности. — «Вестн. МГУ», 1971, сер. 4. «Геология», № 4, с. 3—18.
42. Харкевич Д. С., Москалева В. Н. Серии магматических формаций как основа классификации складчатых областей и платформы. — В кн.: Проблемы связи тектоники и магматизма. М., «Наука», 1969, с. 29—46.
43. Хворова И. В. Флишевая и нижнемолласовая формации Южного Урала. — «Труды ГИН АН СССР», 1961, вып. 37. 352 с.
44. Херасков Н. П. Тектоника и формации. Избр. труды. М., «Наука», 1967. 403 с.
45. Шаталов Е. Т. Обзор геологических понятий и терминов в применении к металлогении. М., Изд-во АН СССР, 1963. 182 с.
46. Шатский Н. С. Парагенезисы осадочных и вулканогенных пород и формаций. — «Изв. АН СССР. Сер. геол.», 1960, № 5, с. 3—23.
47. Штейнберг Д. С., Соболев И. Д. Формационное деление магматических образований на Урале. — В кн.: Магматические формации. М., «Наука», 1964, с. 213—224.
48. Штилле Г. К вопросу о происхождении магм. Избр. труды. М., «Мир», 1964, с. 166—187.
49. Щеглов А. Д. Металлогения областей автономной активизации. Л., «Недра», 1968. 180 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Принципы выделения и классификация геологических формаций	4
Формационный анализ при геологосъемочных работах	22
Список литературы	30

Валерий Маркович Немцович

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ

Редактор издательства Э. М. Бородянская

Обложка художника Ю. И. Прошлецова

Техн. редактор А. Б. Ящуржинская

Корректор Л. А. Пажильцева

Сдано в набор 23/VIII 1974 г.

Подписано в печать 2/XII 1974 г.

М-26152.

Формат 60×90¹/₁₆.

Бумага тип. № 2.

Печ. л. 2.

Уч.-изд. л. 1,99.

Тираж 1500 экз.

Заказ № 705/968.

Цена 20 коп.

Издательство «Недра». Ленинградское отделение.
193171, Ленинград, С-171, ул. Фарфоровская, 12.

Ленинградская картографическая фабрика объединения «Аэрогеология»

20 коп.

8835

Д4

47690

НЕДРА