

В.М. Цейслер

ФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

Д о п у щ е н о
Министерством образования Российской Федерации
в качестве учебника
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по направлению подготовки
дипломированных специалистов
«Прикладная геология»

Москва
Издательство Российского университета дружбы народов
2002

**ББК 26.3
Ц 29**

Утверждено
РИС Ученого совета
Российского университета
дружбы народов

Рецензенты:

доктор геолого-минералогических наук,
профессор *А.Е. Шлезингер*,
кафедра исторической геологии
Санкт-Петербургского университета

Цейслер В.М.

Ц 29 Формационный анализ: Учебник. – М.: Изд-во РУДН,
2002. – 186 с.: ил.

ISBN 5-209-01459-2

Книга является первым оригинальным учебником по дисциплине, которая включена в учебные планы подготовки инженеров-геологов в вузах России и ближнего зарубежья более десяти лет тому назад. До настоящего времени дисциплина обеспечивалась только научными публикациями и внутривузовскими учебными пособиями.

В соответствии с программой дисциплины охарактеризованы основные методы выделения, изучения, классификации геологических формаций как осадочных толщ, магматических и метаморфических комплексов. Приведены сведения об основных типах геологических формаций. Рассмотрены приемы анализа геологических формаций в связи с решением вопросов стратиграфии, палеогеографии, палеотектоники и тектонического районирования, прогнозной оценки территорий.

Для студентов-геологов, магистрантов, аспирантов и лиц, занимающихся вопросами региональной геологии, тектоники и минералогии.

ISBN 5-209-01459-2

ББК 26.3

© Издательство Российского университета дружбы народов, 2002

© Цейслер В.М., 2002

ВВЕДЕНИЕ

В пространственном размещении горных пород существует определенная упорядоченность, выраженная в том, что отдельные породы распространены не изолированно, а образуют закономерные ассоциации, объединяющие разности, близкие по условиям образования и вещественному составу, или же наборы пород, возникшие при повторяющихся изменениях условий образования, что выражено их чередованием.

Устойчивые во времени и в пространстве закономерные ассоциации горных пород, связанные единством вещественного состава и строения, обусловленным общностью их происхождения или сонахождения, получили название геологических формаций в широком смысле этого термина. В разрезе земной коры они слагают различные геологические тела: толщи, комплексы, массивы. Другими словами, это типичные по составу и (или) строению толщи (комплексы) осадочных, магматических и метаморфических пород, составляющие в совокупности земную кору. Каждая геологическая формация – определенная геологическая система, вещественная категория соответствующего ранга.

Изучение состава и строения земной коры проводится на нескольких уровнях познания: геохимическом, минералогическом, петрографическом, формационном, структурно-вещественном, оболочечном. Изучением распределения в земной коре химических элементов занимается геохимия. Минералогия изучает земную кору с позиций распределения в ней минералов. Закономерности размещения в земной коре горных пород изучают петрография и литология. Учение о геологических формациях ставит перед собой задачу изучить земную кору на уровне тел ассоциаций горных пород – формаций и ассоциаций формаций. Более крупные структурно-вещественные категории – структурно-формационные зоны и слои земной коры изучают геотектоника и геофизика.

Положение геологической формации в иерархии вещественных категорий земной коры выглядит следующим образом: химический элемент - минерал - горная порода - геологическая формация - формационный комплекс - оболочка земной коры.

Современные представления о геологических формациях и методике формационного анализа развивались преимущественно на основе изучения осадочных толщ. Формационный анализ магматических и метаморфических комплексов имеет ряд особенностей, но в целом его содержание во многом опирается на положения, разработанные при анализе осадочных толщ.

В учении о геологических формациях существует много спорных, еще не решенных вопросов. Некоторые из них определяются широким спектром проблем, которые пытаются решать специалисты разных направлений с помощью формационного анализа при ограниченном числе работ, посвященных детальному всестороннему изучению отдельных типов формаций и их групп. Тем не менее, в последние десятилетия выделение и анализ геологических формаций прочно вошли в практику геологических исследований. Наличие той или иной ассоциации горных пород уже само по себе свидетельствует о возможности обнаружения определенного типа полезного ископаемого, а также служит индикатором палеогеографической, палеотектонической, палеогеодинамической обстановок, определяет стиль деформаций, инженерно-геологические и гидрогеологические условия.

В настоящее время учение о геологических формациях является учением об осадочных толщах, магматических и метаморфических комплексах как самостоятельных геологических системах, вещественных категориях определенного уровня. Это учение об их составе, строении, формах обособления, обстановках формирования, приуроченности к структурам земной коры и о положении в них полезных ископаемых.

Для понимания обстановки формирования осадочных комплексов важное значение имеют работы, связанные с изучением процессов современного осадконакопления в различных ландшафтных зонах, а также материалы бурения скважин в океанах. Формирование магматических комплексов в современных условиях можно наблюдать в зонах вулканизма. Что же касается метаморфических серий, то представления об обстановке их формирования основываются преимущественно на косвенных данных.

Исследователь обращается к геологическим формациям с

определенной целью – выявить закономерности в строении и истории развития земной коры, в размещении на площади полезных ископаемых. В зависимости от цели исследования выбирается объем геологических тел, которыми приходится оперировать. Поэтому всегда при выделении формаций присутствует элемент целевого подхода. Целевой подход при выделении формаций позволяет видеть в них прежде всего индикаторы для оценки палеогеографической обстановки и палеотектонического режима, минерагенических особенностей регионов. Не каждое сообщество горных пород может служить подобным индикатором. Нередко в качестве индикаторов выступают сообщества формаций.

В современной геотектонике при палеогеодинамических построениях вместо геологических формаций нередко используется понятие «литогеодинамический комплекс». В роли литогеодинамических комплексов-индикаторов геодинамических режимов выступают разноранговые вещественные категории. В одном случае индикаторами являются наборы химических элементов в горных породах, в другом – сами горные породы, в третьем – геологические формации или их ассоциации. Таким образом, понятие «литогеодинамический комплекс» отличается от понятия «геологическая формация» отсутствием ранговости в подходе при выделении вещественных категорий.

Учение о геологических формациях в виде самостоятельной дисциплины «Основы формационного анализа» вошло в планы подготовки специалистов в инженерно-технических вузах России и СНГ. Необходимость курса при подготовке инженеров-геологов predetermined уровнем развития геологической науки и широким практическим использованием карт геологических формаций как геологической основы для структурно-тектонического, инженерно-геологического районирования, прогноза полезных ископаемых и подземных вод. Ныне эта дисциплина в соответствии с ГОСом именуется «Формационный анализ». Предлагаемая работа обобщает многолетний опыт преподавания автором курса в МГРИ (МГГА, он же МГГРУ). Ее содержание соответствует типовой программе курса, а поэтому она может быть использована как учебник для студентов вузов и как методическое пособие для специалистов, занимающихся формационным ана-

лизом. При работе над учебником были использованы материалы ранее опубликованной книги «Анализ геологических формаций» /35/.

Первая часть учебника посвящена методике выделения и изучения формаций и их краткой систематической характеристике. Во второй части раскрываются возможности собственно анализа геологических формаций как метода палеогеографических и палеотектонических реконструкций, тектонического районирования, минерагенического прогноза на основе изучения пространственного размещения геологических формаций. Основное внимание в учебнике уделено характеристике осадочных формаций и их анализу. Магматические и метаморфические формации охарактеризованы кратко.

При изучении дисциплины важное место отводится анализу карт геологических формаций, колонок, профилей с нанесенными на них геологическими формациями.

При составлении макета учебника неоценимую помощь автору оказал А.В. Туров.

Автор с благодарностью воспримет все конструктивные замечания и пожелания, которые следует направлять по адресу: 117873, Москва, ул. Миклухо-Маклая 23. МГГРУ - кафедра региональной геологии и палеонтологии или 117923, Москва, ул. Орджоникидзе 3, РУДН - кафедра петрографии, минералогии, кристаллографии.

ЧАСТЬ I. ПРИЕМЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И ГЛАВНЕЙШИЕ ТИПЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

ГЛАВА 1. УЧЕНИЕ О ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЯХ – УЧЕНИЕ ОБ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩАХ, МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

1.1. УЧЕНИЕ О ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЯХ СРЕДИ НАУК ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА

Учение о геологических формациях – относительно молодое направление среди наук геологического цикла. Оно оформилось благодаря усилиям литологов, стратиграфов, тектонистов, специалистов по полезным ископаемым. При выяснении общих закономерностей строения и истории развития земной коры, эволюции магматизма, палеогеографических обстановок, размещении месторождений полезных ископаемых оказалось удобнее оперировать не отдельными типами и слоями горных пород, а целостными толщами, комплексами однотипных горных пород, получивших в общем случае наименование геологических формаций. Действительно, только обратившись к природным ассоциациям горных пород как целостным геологическим системам, становится возможным решать задачи, связанные с палеотектоническими реконструкциями, тектоническим районированием, минерагеническим прогнозом. Исследователи разных направлений и школ при объединении горных пород в естественные ассоциации – геологические формации пользовались различными критериями и изначально неодинаково понимали сам термин – геологическая формация. Для одних исследователей был важен возраст толщи, для других – ее состав и строение, третьи главное место среди критериев выделения естественных ассоциаций отводили их генезису, четвертые – местоположению толщ в разрезе крупных седиментационных циклов и т.д.

Ныне учение о геологических формациях оформилось как самостоятельное научное направление – учение об осадочных толщах, магматических и метаморфических комплексах:

геологических системах определенного иерархического (надпородного) уровня организации вещества. В учении рассматривается состав, строение, формы выделения, положение в структурах земной коры, обстановки формирования, минерагеническая специализация этих систем.

Учение о геологических формациях вобрало в себя элементы стратиграфии, литологии, петрографии, структурной геологии, учения о полезных ископаемых в такой же мере, как петрография, например, включила в себя элементы минералогии, кристаллографии, физической химии и проч. Большой вклад в становление этого учения внесли многие выдающиеся российские геологи.

Геологические формации в земной коре образуют крупные геологические тела. При изучении их вещественного состава и внутреннего сложения применяются методы литологии, петрографии, при оценке возраста - методы стратиграфии, структурной геологии, при выявлении обстановки образования - методы генетического анализа. Положение в них полезных ископаемых оценивается методами поисково-разведочного дела. Тело геологической формации настолько велико, что его восприятие как целого возможно при геологическом картировании, при составлении профильных разрезов, серий колонок, блок-диаграмм. Выводы о тектонических режимах, палеогеографических обстановках, минерагении, основанные на анализе пространственного и временного размещения формаций в разрезе земной коры, базируются на сравнительном изучении геологических формаций.

В учении о геологических формациях намечаются две последовательно решаемые группы задач. Первая группа задач предусматривает выделение формаций, их изучение, типизацию, установление коррелятивных связей между типами формаций и тектоническими структурами, палеогеографическими обстановками, полезными ископаемыми. Вторая группа задач связана с ретроспективными построениями на основе ранее выявленных закономерностей состава и строения формационных залежей, их пространственных и временных взаимоотношений с тектоническими структурами, а также осуществлением тектонического, инженерно-геологического, гидрогеологического районирования и прогнозной оценки территорий. В определенной мере эти две группы задач от-

вечают так называемым «прямой» и «обратной» задачам геофизики, когда вначале изучаются геофизические поля известных геологических объектов, а потом на основе разного типа геофизических полей прогнозируются геологические объекты. Естественно, что степень обоснованности выводов, получаемых при решении второй группы задач, напрямую зависит от степени решения задач первой группы.

Учение о геологических формациях тесно связано со смежными направлениями геологической науки. Для литолога, петрографа выделение геологических формаций представляется итогом их исследований. Для тектониста, гидрогеолога, поисковика, специалиста по инженерной геологии — геологическая формация представляет собой инструмент, с помощью которого он осуществляет свои исследования

1.2. ИСТОРИЧЕСКИЕ ВЕХИ В УЧЕНИИ О ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЯХ

В развитии представлений о геологических формациях условно можно наметить два этапа: 1) с середины XVIII до начала XX в.; 2) с середины 30-х гг. XX в. и до настоящего времени.

Первый этап отвечает времени появления и истории использования термина «геологическая формация». Вторым этапом — становлению самого учения о геологических формациях. Появление термина «геологическая формация» связывают с Г. Фюкселем (1722—1773), И. Леманном (1700—1767), А. Вернером (1749—1817).

Г. Фюксель и А. Вернер в качестве формаций выделяли толщи горных пород по вещественному составу (формации медистых сланцев, раковинного известняка, цехштейна и др.), которые выстраивались в определенном порядке в стратиграфической схеме А. Вернера от пород «первозданных» к «переходным», «флецевым», «наносам» и вулканическим породам.

В начале IX в. И. Гейм, С. Брейслак, К. Прево использовали этот термин для обозначения генетической природы толщ. Генетическое понимание термина было воспринято многими геологами.

На II сессии МГК, состоявшейся в Болонье в 1881 г., термин «геологическая формация» был официально исключен

из стратиграфической номенклатуры и рекомендован для использования при характеристике генезиса толщ. Однако геологи США этим термином обозначают стратиграфические подразделения и в настоящее время.

На рубеже XIX и XX вв. термин наполняется новым содержанием. М. Бертраг, изучая геологию Альп, применил термин «формация» для обозначения крупных комплексов горных пород, выделяющихся в разрезах разновозрастных геосинклинальных областей (гнейсы — сланцевый флиш — флиш — моласса). Стратиграфическая последовательность таких комплексов («тектонофаций») отвечает полному циклу геосинклинального развития. Идея о формациях как крупных комплексах пород получила развитие в работах Л. Кобера, а также в работах многих российских тектонистов.

Таким образом, в начале XX в. этот термин использовался в нескольких значениях: вещественном (петрографическом), генетическом, стратиграфическом, тектоно-стадиальном.

По-видимому, одновременно с перечисленными четырьмя значениями развивалось пятое — прикладное, минерагеническое. Это направление возникло с момента появления самого термина, о чем свидетельствуют наименования: «формация медистого сланца», «бурого угля» в работах А. Вернера.

Середина 30-х — 40-е гг. XX в. соответствуют началу нового этапа в развитии представлений о геологических формациях и последовательному созданию элементов учения. Первые публикации принадлежали Н.Б. Вассоевичу, а также В.И. Попову, М.А. Усову, Н.С. Шатскому, В.Е. Хаину.

В 1953 г. в Новосибирске состоялась 1-я Всесоюзная конференция по геологическим формациям, проведению которой способствовал интерес, проявленный к формациям со стороны ведущих геологов. В резолюции этой конференции было отмечено существование нескольких направлений в подходе к выделению, изучению и определению геологических формаций. Была рекомендована формулировка определения, предложенная сотрудниками ГИН АН СССР (Н. С. Шатский, Н. П. Херасков, Б. М. Келлер, Н. А. Штрейс), в соответствии с которой формациями являются «...естественные сообщества горных пород и других минеральных образований, отдельные члены которых (породы, слои, толщи и т. д.)

парагенетически связаны друг с другом как в пространственном, так и в возрастном отношении (переслаивание и другие виды чередования, некоторые направленные ряды пород)». Этот подход в литературе получил название парагенетического и противопоставлен генетическому. Последний развивали литологи, рассматривая формации в последовательном ряду фациально-генетических понятий, как совокупность определенных генетических типов отложений (фаций) — Н. М. Страхов, Ю. А. Жемчужников, В. И. Попов и др.

Тектоно-стадиальное направление отстаивало выделение формаций как «тектонифаций» — комплексов образований, соответствующих определенным этапам, стадиям геосинклинального цикла (В. В. Белоусов, Н.Б. Вассоевич, В. Е. Хаин).

Можно с полной определенностью свидетельствовать, что в 50—60-е гг., как и сто лет назад, термин «формация» исследователи продолжали использовать в нескольких смысловых значениях: применительно к свитам, однородным петрографическим комплексам, генетическим совокупностям отложений и частям разрезов геотектонических циклов, а также к образованиям, вмещающим определенный тип полезного ископаемого. При этом явно повышенный интерес геологической общественности к формациям, определенная «мода на формации», способствовали тому, что почти в каждой работе упоминался термин «геологическая формация», нередко при полном смешении понятий.

В 50—60-е гг. значительный вклад в изучение геологических формаций внесли И.В. Хворова, Л.Б. Рухин, В.Е. Хаин, Н.С. Шатский, Н.П. Херасков, Г.И. Теодорович, А.А. Богданов, В.И. Попов и другие исследователи. Несмотря на обилие публикаций, их авторы, как правило, ограничивались выделением стратиграфической последовательности формаций и указанием на их тектоническое положение.

Из числа исследований, посвященных разносторонней характеристике формаций, следует отметить работы Н.Б. Вассоевича по флишу, И.В. Хворовой по флишу и молассам, В.И. Попова по молассам, Н.С. Шатского по фосфоритоносным и марганцевоносным, Ю.Д. Жемчужникова — по угленосным формациям и др.

С начала 70-х годов работы по изучению геологических

формаций приобрели определенные направления в соответствии с программами Междуведомственного тектонического комитета и Междуведомственного литологического комитета при ОГТГ АН СССР.

Результаты широкого обсуждения формационных исследований были опубликованы в материалах совещаний, информациях, сборниках. Появляются работы с обоснованием принципов выделения формаций и методологии формационных исследований (В.И. Драгунов, Ю.А. Воронин и Э.А. Еганов, М.С. Дюфур и др.), с характеристикой методики тектонического анализа геологических формаций (В.М. Цейслер, К.В. Боголепов) и др.

На развитие учения о геологических формациях оказали существенное влияние многие исследователи: литологи, тектонисты, металлогенисты. Поэтому неслучайно, что геологическим формациям отводится место в учебниках и монографиях по литологии, геотектонике, металлогении.

Основу учения о геологических формациях должны составить монографические исследования по отдельным группам и типам формаций. В настоящее время наиболее полно изучены состав, строение, условия образования осадочных флишевых, молассовых, некоторых терригенных, в том числе угленосных и красноцветных, рифовых карбонатных, эвапоритовых, осадочно-вулканогенных и кремнистых групп формаций. Их характеристике посвящены отдельные монографии. В меньшей степени специально изучались другие группы формаций.

В двухтомной монографии В.И. Попова «Опыт классификации и описания геологических формаций» (1966, 1968) обобщены сведения по типам формаций – генетическим комплексам. Генетическим комплексам–формациям посвящено крупное обобщение В.И. Попова и В.Ю. Запрометова/23/.

Изданы: «Карта осадочных и вулканогенных формаций территории СССР» масштаба 1:2500000 под ред. Э.Н. Янова, «Карта магматических формаций СССР» масштаба 1:2 500000 по ред. Д.С. Харкевича и В.Н. Москалевой, двухтомная монография «Магматические формации СССР» /11/, сводные работы по осадочным и осадочно-вулканогенным формациям Восточно-Европейской/5/, а также Сибирской

(Н.С. Малич) платформ, по осадочным формациям подвижных поясов /39/.

Интерес представляет серия коллективных монографий сотрудников ВСЕГЕИ «Принципы и методы оценки рудоносности геологических формаций» /10,16/ под редакцией Д.В. Рундквиста, посвященных характеристике осадочных, магматических, метаморфических формаций.

Геологические формации являются основой содержания «Тектонической карты структурно-формационных ярусов СССР» масштаба 1:10000000 (В. И. Драгунов). Изданы двухтомный терминологический справочник «Геологические формации» /4/, а также ряд карт геологических формаций для крупных регионов (Кавказ, Восточный Казахстан, Прибалтика, Тихоокеанский подвижный пояс и др.). В этих работах отражен опыт коллектива геологов, работающих над различными аспектами учения о геологических формациях.

1.3. СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИ ВЫДЕЛЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

Понятие «геологическая формация» широко используется геологами разного профиля: стратиграфами, литологами, петрографами, тектонистами, металлогенистами. При общем однозначном понимании геологических формаций как *сообществ горных пород* представители разных направлений неодинаково оценивают признаки, которые позволяют обособить сообщества горных пород как геологических формаций.

Составители терминологического справочника «Геологические формации» /4/ собрали воедино множество определений термина «геологическая формация» из работ ведущих ученых, а также различные характеристики отдельных формационных типов. Анализ формулировок показывает, что каждый исследователь выбирает признаки, наиболее ему близкие по роду деятельности, важные для решения его практических задач. Это обуславливает субъективный подход при выделении формаций.

При обособлении тел ассоциаций горных пород, именуемых геологическими формациями, обычно учитываются следующие признаки:

1. Вещественный состав пород (определяется перечнем горных пород, составляющих толщу).

2. Строение толщи (определяется типами переслаивания – взаимоотношением пород в разрезе).
3. Мощность однородной толщи.
4. Степень обособленности в разрезе – характер взаимоотношения с покрывающими и подстилающими толщами;
5. Наличие определенного вида полезного ископаемого в разрезе толщи.
6. Возрастной объем толщи.
7. Генезис толщи.
8. Приуроченность к определенной структурной форме земной коры.
9. Положение в разрезе крупного тектоно-седиментационного цикла (герцинского, альпийского и т.п.)

Перечисленные признаки по своей сути могут рассматриваться как *прямые* (1–5), наблюдаемые непосредственно в обнажении, и *косвенные* (6–7), *объективные* (1–6) и *субъективные* (7–9).

Рассмотрим, какую роль отводят представители разных направлений перечисленным признакам при выделении формаций.

Фациально-генетическое направление. Использует термин «*формация*» для обозначения совокупностей генетических типов отложений (фаций). Исследователи этого направления полагают, что, только установив генетическую природу отложений, доказав, что она одинакова для всей ассоциации пород, последнюю можно рассматривать в качестве той или иной формации (морской, лагунной, мелководной, глубоководной и т.д.).

Л.Б. Рухин определял формацию как генетическое сообщество фаций, устойчиво образующихся на более или менее обширном участке земной поверхности при определенном тектоническом и климатическом режиме. Формации, по мнению Л.Б. Рухина, накапливаются в течение длительных отрезков времени — периодов, эпох и т. д. Комплексы фаций, образовавшиеся в меньшие отрезки времени, он называл субформациями.

В.И. Попов, наоборот, к формациям относил небольшие по объему генетические комплексы. В соответствии с его наиболее кратким определением /23/, формация представляет сообщество изогенетических горных пород, т. е. каждая

формация объединяет породы одинакового происхождения.

Может оказаться, что в разрезе одной серии чередуются два или три генетических типа отложений в виде относительно маломощных слоев горных пород осадочного морского, наземного или вулканического происхождения. Каждый из таких слоев, по В.И. Попову, отвечает своей формации, поскольку формация соответствует понятию «генетический тип».

При данном подходе исследователь стремится расчленить толщу на «формации» — генетические типы. Детальность исследования здесь будет выражаться в выделении многочисленных типов осадков, в той или иной мере различающихся по условиям осадконакопления, динамике среды осадконакопления, палеоландшафтам. Литолог в данном случае имеет дело с одним и тем же уровнем организации вещества — с горной породой, противопоставляя в роли «формаций» слои аллювиальных русловых песчаников песчаникам морского генезиса и т. д.

Представитель генетического направления В.Т. Фролов писал, что для определения и выделения геоформаций петрографический признак не применяется /29,30/, а сами геоформации вне зависимости от вещественного состава являются парагенезисом только генетических типов отложений. Как видно, это направление придает понятию «геологическая формация» совсем иное содержание. Формационный анализ в таком случае отождествляется с генетическим анализом осадочных и вулканогенных толщ, а сам термин соответствует понятию «фациально-генетический комплекс».

Вне зависимости от объема толщ, которые выделяются в ранге формаций, сторонники этого направления из всех признаков, характеризующих толщу, главным признаком для отождествления толщи с формацией считают генезис — признак косвенный, нередко субъективный.

Тектоно-стадиальное направление. Начало этому направлению положено работами М. Бертрана. В нашей стране тектоно-стадиальное направление активно развивается в работах тектонистов, некоторых литологов и петрографов, пытавшихся выделение формаций увязать со стадиями развития земной коры и ее главнейших структурных элементов. В.Е. Хаин наиболее обстоятельно разработал тектоно-

стадиальный подход к выделению формаций. По В.Е. Хаину, формация — естественное и закономерное сочетание (парагенез, комплекс, набор, ассоциация) горных пород (осадочных, вулканогенных, интрузивных), связанных общностью условий образования и возникающих на определенных стадиях развития структурных элементов земной коры /32/.

В схемах исследователей, придерживающихся этого направления, число формаций ограничено и определено субъективными представлениями авторов о количестве основных структурных элементов земной коры и числе стадий развития. В результате, в формации объединяются комплексы пород, накопившиеся в последовательные этапы крупных тектоно-седиментационных циклов (начальный, средний, конечный), разделенных эпохами горообразования и денудации. При данном подходе исследователи меньше всего внимания обращают на вещественный состав отложений или особенности ландшафтной обстановки их накопления.

Этот подход ставит учение о формациях в зависимость от часто изменяющихся, нередко субъективных геотектонических концепций, превращая его в придаток геотектоники. В то же время этот подход создает существенные неопределенности в понимании объемов толщ, выделяемых в ранге геологических формаций. Принцип, положенный в основу выделения формаций представителями этого направления, неоднократно подвергался критике (Ю.А. Косыгин и др.).

Тектоно-стадиальное направление и разработанные в соответствии с ним классификации формаций, основанные на концепции теории геосинклиналей, в настоящее время потеряли свое значение, так как идеи новой глобальной тектоники предполагают иные типы структурных элементов земной коры и иные стадии их развития.

Структурно-вещественное (парагенетическое) направление использует понятие «геологическая формация» по отношению к сообществам горных пород определенного вещественного состава и строения (сложения), которые устойчиво проявляются в разрезе земной коры.

Это направление получило развитие в нашей стране благодаря Н.С. Шатскому и Н.П. Хераскову, разработавшим представления о геологических формациях как парагенезисах горных пород, подобно тому, как горные породы являют-

ся парагенезисами минералов /33,36/.

Определение формации, данное Н.С. Шатским и Н.П. Херасковым, не лишено недостатков — оно включает разноразличные и неоднозначные по смыслу понятия (например, горная порода — понятие вещественное, пачка, свита — стратиграфическое, отложения — генетическое). В результате со ссылками на определение Н.С. Шатского даются различные толкования термина /4/.

Заслуга Н.С. Шатского и Н.П. Хераскова в том, что они обратили особое внимание на необходимость изучения парагенезисов пород, использовали понятие «парагенезис» при определении формаций, показали, что понятие «парагенезис» позволяет осуществлять единый методологический подход к выделению минеральных ассоциаций любого ранга: минералов, горных пород, формаций. Вещественная категория любого ранга определяется только двумя признаками: составом и структурой. Все остальные признаки являются дополнительными, характеризующими отдельные стороны вещества. Структурно-вещественное направление ориентируется на два признака: минеральный состав пород, слагающих толщу и характер чередования пород в разрезе толщи.

Стратиграфическое направление. Этого направления придерживались представители сибирской школы геологов (М.А. Усов, М.К. Коровин, Л.Л. Халфин и др.). М.А. Усов определял формацию, как толщу непрерывных осадков, отделенную от других формаций тектоно-денудационным перерывом. Л.Л. Халфин определял формацию как естественную единицу локальной стратиграфии, представляющую собой индивидуальный комплекс отложений, все члены которого связаны непрерывной последовательностью образования и который в целом меняется по простиранию в узких фациальных рамках, имея нижней и верхней границами перерыв седиментации. Представители данного направления отождествляют формации со свитами, осадочными комплексами, горизонтами, «циклами» и т. д., подчеркивая, что все формации индивидуальны и являются тектоно-стратиграфическими единицами. Из перечня признаков, приведенных в начале раздела, представители этого направления важнейшими считают ее обособленность в разрезе поверхностями размыва.

Минерагеническое направление при изучении формаций пользуется большой популярностью. Выделяются угленосные, соленосные, бокситоносные, фосфоритоносные, железорудные и прочие формации. Определяющая роль отводится присутствию в разрезе формации того или иного вида полезного ископаемого. Остальные характеристики являются как бы второстепенными.

Сравнение формаций, выделенных на основе присутствия в них определенного типа полезного ископаемого, позволяет сделать вывод, что среди одной и той же минерагенической группы формаций выделяются толщи, отличные по минеральному составу, строению, условиям формирования и др., т. е. в природе существуют разные угленосные, фосфоритоносные, соленосные формации.

Существование перечисленных направлений в учении о формациях можно объяснить тем, что оно развивалось на стыке нескольких геологических наук специалистами разного профиля, в связи с решением различных задач. Задачи определяют объемы комплексов отложений, используемых в качестве основной единицы при формационном анализе. При стратиграфических и минерагенических исследованиях толщи «мысленно» дробятся до минимального объема, при историко-геологическом анализе те же толщи нередко объединяют в более крупные комплексы. Тектонисты, в зависимости от иерархии изучаемых структур, оперируют толщами разных объемов, а при картографировании объем «формации» нередко определяется масштабом карты. Это приводит к множеству мнений и взаимоисключающих рекомендаций по поводу того, какой должна быть единичная «формация».

1.4. СООТНОШЕНИЕ ПОНЯТИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ И МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Изучая совокупности горных пород – осадочные толщи, магматические и метаморфические комплексы мы используем целый ряд терминов – понятий, которые относятся к совокупностям пород, характеризуя их в разных аспектах.

Формация, генетический тип, фация, ассоциация генетических типов, свита, серия, ярус, отдел, структурный этаж, структурный ярус, интрузив, интрузивный комплекс и многие другие – это термины, связанные с ассоциациями горных пород, составляющими земную кору.

Ассоциация горных пород – термин свободного пользования. В ассоциации могут объединяться породы по разным признакам, с разной целью. Говорят об ассоциациях глинистых пород, карбонатных пород, об ассоциациях пород субаэральных, субаквальных, мелководных, глубоководных, ассоциациях вулканогенно-осадочных пород, вулканоплутонических пород и т.п.

Формация – вещественная категория рангом выше, чем горная порода. Ранее говорилось о том, что формация представляет собой парагенетическую ассоциацию горных пород. Формации, как и горные породы, выделяются по вещественно-структурным признакам.

Генетический тип отложений. Генетический тип отложений – это совокупность горных пород, накопившихся в одинаковой палеогеографической обстановке, при господстве определенных процессов транспортировки и отложения материала. Представления о генетических типах континентальных отложений вошли в геологическую науку благодаря работам И.В. Павлова. Это аллювий, делювий, пролювий и т.д. Существенный вклад в учение о генетических типах континентальных отложений внес Е.В. Шанцер. Он подчеркивал, что осадочная формация, являясь совокупностью слоев горных пород, выступает также как закономерное сообщество генетических типов отложений. Тем не менее, надо иметь в виду, что одинаковое сообщество генетических типов отложений может быть представлено разными формациями. Резко различны по составу аллювий равнинных и горных рек, озерные отложения аридного и гумидного климата, мелководно-морские отложения экваториальной зоны и арктических морей. В результате различные по составу и строению толщи могут быть одинаковы с точки зрения их генезиса.

Генетический анализ формаций, т. е. изучение генезиса наборов пород, слагающих формацию, выяснение палеогеоморфологической, палеоклиматической, палеотектониче-

ской, палеогеохимической и прочих обстановок формирования совокупностей горных пород, находящихся в определенных соотношениях - неперемное условие изучения геологических формаций. Без выяснения условий накопления и преобразования вещества формации невозможны палеотектонические и палеоклиматические реконструкции, прогноз полезных ископаемых. Необходимо различать генетический анализ геологических формаций и фациально-генетический подход (генетическое направление) при их выделении.

Свита, серия – таксоны местной стратиграфической шкалы. В свиты объединяют совокупности горных пород, выделяющиеся особенностями состава, строения, ископаемыми остатками, наличием характерных маркирующих горизонтов и т.д. Свита выделяется в разрезе осадочной толщи таким образом, чтобы ее было легко картировать. Она должна быть легко узнаваемой на местности. Нередко одна свита от другой отделена поверхностью перерыва. Серия объединяет несколько свит. Ярус и отдел – таксоны общей стратиграфической шкалы.

Структурный этаж (структурный ярус) объединяет совокупность слоев горных пород, деформированных однотипно. Каждый структурный этаж отделен от смежного поверхностью углового несогласия.

Таким образом, геологическая формация, генетический тип отложений, ярус (свита), структурный этаж - все перечисленные термины относятся к совокупностям горных пород – к осадочным толщам. Однако эти термины используются для различных характеристик толщ. Формации выделяются как толщи однородного вещественного состава или строения. Говоря о генетическом типе или совокупности генетических типов отложений мы подчеркиваем единство в ландшафтной обстановке накопления толщи. Свита – подразделение местной стратиграфической шкалы. Если она однородна по составу и строению - она будет соответствовать конкретной формации. Свита может быть меньше объема формации, если внутри однородной толщи – формации, свита выделяется благодаря наличию прослоев маркирующих слоев с остатками ископаемой фауны. Свита может объединять несколько внешне сходных составом или строением формаций. В структурный этаж (структурный ярус) объеди-

няются толщи, одинаково деформированные, отделенные от выше- и нижележащих поверхностями угловых несогласий, вне зависимости от их состава, генезиса, возраста. Как правило, структурный этаж объединяет несколько формаций, иногда может соответствовать одной.

При выделении формаций мы объединяем в толщу слои горных пород тем же способом, каким объединяются минералы в горные породы. В остальных случаях мы ставим перед собой цель сгруппировать смежные слои горных пород таким образом, чтобы передать некоторые характеристики этого вещества. В одном случае в пространстве ограничиваются ассоциации: горных пород одинакового генезиса (генетический тип); в другом - ассоциации пород, пригодные для региональных стратиграфических корреляций (свита); в третьем случае - ассоциации пород, в разной степени и в разное геологическое время испытавшие деформации (структурный этаж). «Целевых» ассоциаций пород, выделенных по разным признакам, можно предложить бесчисленное множество, и каждая будет иметь свои ограничения в пространстве в зависимости от того, какую характеристику вещества земной коры мы хотим более выпукло представить.

Необходимо твердо условиться, что геологическая формация — категория вещественная, генетический тип — генетическая, свита — стратиграфическая, структурный этаж — структурная (тектоническая). Ставить в один ряд эти категории, как это нередко делается, неправильно. В то же время в конкретных случаях осадочные толщи, рассматриваемые как формации, очень часто совпадают по своему объему со свитами. Осадочная формация, как правило, выступает в качестве ассоциации генетических типов отложений. Структурный этаж обычно объединяет несколько формаций, но может соответствовать толще, выделяемой в ранге формации (рис. 1).

Совокупность магматических плутонических пород, обособленных в пространстве в форме единого тела, называют *интрузивом*. Одновозрастные интрузивы одного состава в конкретном регионе именуют *интрузивным комплексом* (баргузинский интрузивный комплекс, таннуольский интрузивный комплекс, становой интрузивный комплекс и проч.). Одинаковые по составу и строению интрузивные комплексы вне зависимости от их возраста и пространственного распо-

ложения объединяются в *плутонические магматические формации*. Интрузивный комплекс выступает в роли представителя определенного типа магматической формации – т.н. конкретной формации. Последовательность формаций одного тектонического цикла составляет *ряд магматических формаций*.

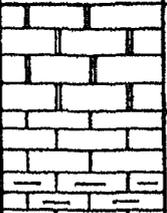
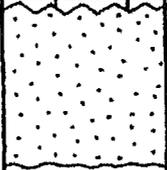
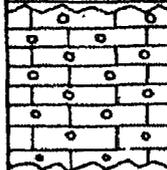
Колонка	К а т е г о р и и п о н я т и й					
	вещественные	стратиграфические		структурные	генетические	
	Геологическая формация	Свита		Часть структурного этажа	Генетический тип	
	Геологическая формация				Совокупность генетических типов	
	Геологическая формация	серия	Свита	Структурный этаж	Часть этажа	Генетический тип
	Геологическая формация		Свита		Часть этажа	Совокупность генетических типов
	Геологическая формация	Свита		Структурный этаж	Совокупность генетических типов	

Рис.1. Соотношение понятий, используемых при характеристике толщ.

В опубликованной литературе существует путаница в отношении терминов, используемых при характеристике осадочных толщ. М.А. Усов и многие западносибирские геологи отождествляли формации и свиты. Г.Ф. Крашенинников в один иерархический ряд ставил генетические и вещественные категории (фации, генетические типы и формации). О.А. Вотих и К.В. Боголепов вещественные категории (породы, формации) ставили в один иерархический ряд со структурными (структурный этаж, платформа, складчатая область и т. п.). Можно привести много примеров, когда авторы, рассматривая интересные нас понятия, при переходе на оче-

редной иерархический уровень «перескакивают» от понятий генетических к вещественным, от вещественных — к чисто структурным и снова — к вещественным. Это объясняется, вероятно, тем, что терминология генетических, вещественных, структурных иерархических таксонов не разработана.

ГЛАВА 2. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

2.1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ КАК ПАРАГЕНЕЗЫ ГОРНЫХ ПОРОД

Понятие «парагенезис» первоначально обозначало место и способ пространственного сонахождения минералов («смежность» по В. М. Севергину). Более детально это понятие разработано А. Брейтгауптом. На Международном коллоквиуме в 1966 г. во Фрейберге было сформулировано следующее определение термина «парагенезис»: «Парагенезис минералов — это минеральная ассоциация, возникшая закономерно в ходе одного процесса, ограниченного в пространстве и времени и протекавшего в определенных физико-химических условиях».

Академик Ф. Ю. Левинсон-Лессинг в 1935 г. писал, что для освещения генезиса различных осадочных пород важно изучение парагенетических соотношений, т.е. условий совместного нахождения как различных минералов одной и той же горной породы, так и различных пород.

Н.П. Херасков и Н.С. Шатский через парагенезис горных пород определили геологические формации. Н.С. Шатский подчеркивал, что эмпирическое выделение формаций как парагенезисов — это не временный метод, связанный с недостатком наших знаний, а наиболее правильный и объективный подход к выделению формации/36/.

Парагенетическая ассоциация выражается перечислением горных пород (минеральных ассоциаций), которые ее составляют. Перечисление горных пород, входящих в парагенетическую ассоциацию, нередко именуют «набором пород». В составе «набора» выделяют главные (обязательные) и второстепенные (необязательные) члены парагенезиса. Главные

члены характеризуют парагенезис вне зависимости от возраста и местоположения толщи. Второстепенные члены могут присутствовать не в каждом из них. Обычно их содержание в разрезе невелико – до 5% от мощности в центральных частях формационных залежей.

Например, разрез таврической серии Горного Крыма слагают алевролиты, мелкозернистые песчаники, аргиллиты, глинистые сидериты, гравелиты. Алевролиты, мелкозернистые песчаники и аргиллиты, перемежаясь в виде пластов небольшой мощности, составляют разрез всех пачек таврической серии. В отдельных пачках присутствуют гравелиты, в других – глинистые сидериты. Иногда они отсутствуют в разрезе. Алевролиты (и мелкозернистые песчаники) вместе с аргиллитами являются главными членами парагенезиса, гравелиты и глинистые сидериты – второстепенными.

В разрезе карбонатной толщи среднего-верхнего карбона южного крыла Московской синеклизы среди биогенных известняков и доломитов, которые являются главными членами парагенезиса, как второстепенный член присутствуют редкие прослой пестрых глин. К второстепенным членам парагенезиса Н.С. Шатский относил прослой углей, бокситов и сиаллитов в разрезе визейской каолин-кварцевой толщи западного крыла Московской синеклизы. Следует отметить, что второстепенные члены парагенезиса, отражая его индивидуальность в данном месте, в определенное время, часто имеют важное значение для восстановления обстановки формирования парагенезиса, а также являются полезными ископаемыми.

2.2. ФОРМАЦИОБРАЗУЮЩИЕ И АКЦЕССОРНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Рассматривая геологическую формацию в едином иерархическом ряду вещественных категорий, составляющих земную кору (минерал – порода – формация – формационные комплексы нескольких порядков – слои земной коры), мы вправе в учении о формациях использовать многие понятия, более полно разработанные в минералогии, петрографии. Это касается, прежде всего, подходов при характеристике форм минеральных скоплений, их распределения в пространстве, частоты встречаемости и многого другого.

Общее число ныне известных минералов насчитывает несколько тысяч. Однако их ограниченное число способно образовывать устойчивые минеральные ассоциации – горные породы. Петрографы эти минералы называют породообразующими. Полная аналогия имеет место при сравнении общего числа известных горных пород с теми, которые способны образовывать крупные скопления в виде осадочных толщ, магматических комплексов. Три группы пород – песчаники, глинистые сланцы и известняки составляют 95% объема осадочной оболочки. Содержание других хорошо известных типов осадочных пород ничтожно мало. То же касается магматических горных пород, среди которых наиболее широко распространены базальты. Таким образом, только ограниченное число групп осадочных и магматических пород в разрезе земной коры образуют крупные скопления.

С точки зрения формационного анализа среди осадочных пород следует обозначить четыре группы. Во-первых, это горные породы, способные образовывать значительные по мощности монопородные толщи (песчаный мел, кварцевые песчаники, граувакковые песчаники, коралловодородные известняки). Их содержание в объеме толщи может достигать 80-90%. Во-вторых, это породы, которые только в наборе с другими создают толщи (каолиновые, монтмориллонитовые глины, ангидриты, некоторые разновидности известняков). Их содержание в разрезе обычно не превышает 30%. Обе группы пород могут рассматриваться как формациеобразующие, так как их представители обычно выступают в роли главных членов породных ассоциаций. Формациеобразующим породам противопоставляются две группы редких пород. Одна из них, как правило, не образует крупных самостоятельных скоплений (фосфориты, бокситы, каменные угли, сидериты) и встречается в форме отдельных пластов в толщах; другая – породы, встречающиеся крайне редко (известковые туфы, гипсовые пески, брекчии). Последние две группы пород можно отнести к акцессорным.

Формациеобразующие породы образуют ряд, в который входят горные породы, широко распространенные в крупных скоплениях в разрезе земной коры. Это большинство алюмосиликатных обломочных, алюмосиликатных глинистых, карбонатных, кремнистых, сульфатно-хлоридных пород. Пере-

межаясь в пространстве, они слагают тела осадочных формаций. Формациеобразующие породы в составе конкретной формации выступают как главные (обязательные) элементы системы – главные члены парагенезиса (по Н.С.Шатскому). Они же могут являться второстепенными членами в конкретном парагенезисе.

Акцессорные породы образуют ряд, состоящий из пород окисно-марганцевой, окисно-железистой, фосфатной, глиноземистой групп, каустобиолитов, некоторых видов карбонатных, сульфатных, хлоридных пород. В составе формации они присутствуют как второстепенные, необязательные члены породной ассоциации. Акцессорные породы создают индивидуальность конкретной формации, часто они помогают оценить ее генезис, нередко определяют минерагеническую специализацию. В некоторых случаях относительное содержание акцессорных пород в отдельных частях тела формации бывает настолько значительным, что они становятся главными членами породной ассоциации, образуя месторождения полезных ископаемых (фосфориты, угли, железистые породы, бокситы).

При характеристике осадочных формациеобразующих пород нами используется структурно-вещественный подход к их систематике /25/. Систематика магматических пород также основана на их разделении по веществу (кислотность, щелочность) и структуре.

2.3. ФОРМАЦИЕОБРАЗУЮЩИЕ ОСАДОЧНЫЕ ПОРОДЫ

Важнейшее место среди формациеобразующих занимают алюмосиликатные обломочные (терригенные) и глинистые, карбонатные породы. Сульфатные, галогенные, железистые, кремнистые породы имеют меньшие объемы в разрезе земной коры.

Алюмосиликатные породы. Толщи, сложенные преимущественно алюмосиликатными породами, подразделяются по гранулометрии на крупнообломочные (гравийно-конгломератовые и проч.), мелкообломочные (песчаниково-алевролитовые), пелитовые (глинистые, глинисто-сланцевые), а также смешанные (глинисто-песчаниковые, глинисто-глыбовые, конгломератово-песчаниково-глинистые

и т.д.) Гранулометрия пород, слагающих толщу, в общем случае позволяет судить о тектоническом режиме времени осадкообразования. Важным показателем конседиментационной обстановки (тектонического режима, а также палеогеографии) является минеральный состав обломочного и глинистого материала. В одних условиях накапливаются кварцевые пески, в других – полимиктовые пески и граувакки, туфопесчаники. Ценным показателем является первичная окраска пород, обусловленная валентностью железа, примесью органического вещества и пр.

Толща – формация в том случае является индикатором палеогеографической обстановки и тектонического режима, если при группировании пород мы будем учитывать установленные коррелятивные связи между типами пород и обстановками их осадконакопления. Этим определяется целевой подход и объем толщи, выделяемой в ранге единичной формации.

Видом формациеобразующей породы должна служить разность, обладающая максимальной информативностью для ретроспективных построений и прогноза полезных ископаемых. Такими разностями среди алюмосиликатных обломочных пород являются: кварцевая грубообломочная порода (включая кварцевый конгломерат и гравелит), полимиктовая грубообломочная порода (конгломерати гравелит), туфо-конгломерат и туфобрекчия, кварцевая мелкообломочная порода (песчаник-алевролит), аркозовый песчаник, граувакковый песчаник, туфопесчаник и др. В качестве формациеобразующего вида могут рассматриваться разности пород смешанного минерального состава: кварцево-аркозового, кварцево-грауваккового.

При выделении формациеобразующих видов среди глинистых пород определяющим является минеральный состав глинистых минералов (каолинитовые, гидрослюдистые хлопчат-гидрослюдистые, монтмориллонитовые и др. глины). Для оценки палеогеографической обстановки осадконакопления важным показателем является первичная окраска глин (красноцветные и пестроцветные глинистые толщи, зеленовато-голубые, темноцветные – «черносланцевые»). При превращении глин в аргиллиты, глинистые сланцы, филлиты, установить их первичный минеральный состав часто не

представляется возможным.

Диагностика минерального состава обломочных и глинистых пород является непременным условием при их группировании в формации. Каолин-кварцевая мелкообломочная ассоциация по многим параметрам будет отличаться от гидрослюдисто-граувакковой мелкообломочной. Указанные ассоциации накапливались в несхожих палеогеографических и палеотектонических обстановках, для них обычны разные полезные ископаемые, да и строение этих ассоциаций, как правило, различно. В то же время обе они относятся к обширной группе терригенных алюмосиликатных формаций, являясь «песчаниково-глинистыми».

Выделение формациеобразующих видов среди алюмосиликатных пород и группирование видов пород в толщи позволяет расчленить внешне однообразные толщи терригенных накоплений на самостоятельные формации – индикаторы стабилизации и активизации былых тектонических режимов, изменений климата, палеогеографической обстановки. Эти же формации позволяют оценить приуроченность полезных ископаемых к определенным интервалам разреза.

Карбонатные породы. Среди карбонатных толщ по составу выделяются известняковые, доломитовые и смешанные (известняково-доломитовые). Они могут быть целиком сложены различными типами известняков, доломитов. Кроме того, карбонатные породы широко распространены в разрезах смешанных толщ алюмосиликатно-карбонатного, кремнисто-карбонатного, сульфатно-карбонатного состава, являясь в них главными членами породных ассоциаций. Как известно, карбонатные породы накапливаются в разной обстановке (от субаэральной до морской глубоководной) в результате обломочной, биогенной, хемогенной седиментации. Поэтому определение разностей пород, принимаемых как формациеобразующие виды, важно для формационного анализа.

Известняки по типам структур (и генезису) обычно подразделяются на обломочные, биогенные и биогенно-хемогенные. Среди обломочных известняков формациеобразующие виды устанавливаются на основе гранулометрии. Крупнообломочные (известняковые брекчии и конгломераты) и мелкообломочные известняки обычно слагают крупные шлейфы вокруг рифовых массивов, а нередко образуют

самостоятельные формационные тела. Некоторые обломочные известняки красноцветны.

Среди органогенных известняков формациеобразующие виды устанавливаются по типам пороодообразующих организмов: строматолитовые, кокколитофоридовые, коралловые, кораллово-водорослевые, археоциатовые, устричные, мшанковые и проч. Этот подход обеспечивает выделение различных типов известняковых формаций. Например, разрез верхней юры – эоцена в Крымско-Кавказской области некоторыми исследователями рассматривался как единая «карбонатная формация». В действительности, в карбонатном разрезе выделяются формации: типа «аммонитико росса» (в юре и нижнем мелу), кораллово-водорослевых известняков (в верхней юре), кокколитофоридовых известняков – мергельно-меловые (в верхнем мелу и эоцене), нуммулитовых известняков (в эоцене) а также многие другие формации резко различные по наборам карбонатных пород, внутренней структуре, обстановкам формирования и полезным ископаемым. Вне всякого сомнения, что это самостоятельные известняковые формации, отличающиеся, прежде всего, составом пороодообразующих организмов в известняках. В совокупности они составляют разнородную по составу и строению ассоциацию карбонатных формаций на северной периферии палеобассейна Тетис.

Формациеобразующие виды органогенных известняков обладают вполне определенной стратиграфической приуроченностью: строматолитовые известняки – преимущественно рифей, археоциатовые – кембрий, швагериновые и фузулиновые – верхний палеозой, кокколитофоридовые – мел-палеоген, нуммулитовые – палеоген и т.д. Выделение соответствующих формаций позволяет судить об эволюции карбонатакопления.

Среди биогенно-хемогенных известняков (известняков с кристаллитовой и сферо-агрегатной структурой, по В.Н.Шванову) формациеобразующими видами являются: микритовые, зернистые, оолитовые, псевдооолитовые, пелетовые разности, распространенные в карбонатных толщах совместно с органогенными известняками и самостоятельно.

Группирование доломитов в формации предусматривает предварительно решение вопроса об их первичности и вто-

ричности.

Сульфатные и хлоридные породы. Рассматриваемая группа пород по сравнению с алюмосиликатными и карбонатными распространена незначительно. Тем не менее, начиная с позднего докембрия их скопления концентрируются в определенных типах бассейнов на платформах и в орогенных областях образуя т.н. соленосные (эвапоритовые, галогенные) формации.

Г.А. Мерзляков /15/ выделил шесть разновидностей галогенных толщ: ангидрит-галитовую, доломит-ангидрит-галитовую, глинисто-доломит-глауберит-галитовую, сильвинит-карналит-галитовую, кизерит-карналит-галитовую, кизерит-бишофит-карналит-сильвинит-галитовую в соленосных бассейнах Евразии. Названия галогенных толщ им установлены по наименованию главных членов ассоциации - по формациеобразующим видам пород. Таким образом, в качестве формациеобразующих видов сульфатных и хлоридных пород выступают галитовая, сильвинитовая, карналитовая, глауберитовая, бишофитовая, кизеритовая породы, а также ангидриты и гипсы. Накапливаясь в аридной обстановке, сообщества сульфатных и хлоридных пород являются прекрасным индикатором палеоклимата.

Вместе с сульфатными и хлоридными породами в парагенезисах нередко участвуют доломиты, мергели, пестроцветные глины и мелкообломочные алюмосиликатные породы. В периферийных частях тел эвапоритовых формаций они играют важную роль.

Кремнистые породы. Кремнистые (силицитовые) породы распространены в разрезах кремнисто-карбонатных, кремнисто-глинистых, кремнисто-вулканогенных толщ, а также образуют самостоятельные скопления. Крупные залежи часто встречаются в геосинклинальных (подвижных) поясах, но также известны в чехлах платформ в разрезах высокоширотных бассейнов. Толщи, относимые к кремнистым формациям, иногда в значительной степени сложены кремнистыми породами — яшмами, радиоляритами, трепелами, опоками, спонголитами, но чаще кремнистые породы образуют пачки и прослои, чередуясь с туфами, лавами, фуффитами, известняками, кварц-глауконитовыми песчаниками, гидрослюдистыми и монтмориллонит-гидрослюдистыми

глинами. Наличие кремнистых пород обычно рассматривается как показатель глубоководности, низкой температуры вод бассейна, вулканизма.

Формациеобразующими видами пород являются различные типы яшм, фтаниты, радиоляриты, спонголиты, опоки, трепела. Они определяют наименования формаций.

Акцессорные осадочные породы. Железистые и марганцевые породы. Выделяют железистые породы, образованные лимонитовыми, сидеритовыми, шамозитовыми и оолитовыми гидрогётит-лептохлорит-сидеритовыми рудами. *Железистые породы* в осадочных формациях присутствуют в качестве второстепенных членов парагенетических ассоциаций, но в ряде случаев их содержание в разрезе настолько велико, что они становятся главными членами парагенезисов.

Оксидные и карбонатные *марганцевые породы* (руды) в ассоциациях обломочных, кремнистых, глинистых и карбонатных пород присутствуют в виде второстепенных членов, образуя отдельные пласты, линзы, конкреции.

Фосфатные породы. Пластовые, желваково-конкреционные фосфориты и костяные брекчии встречаются в ассоциациях обломочных, глинистых и карбонатных пород в роли второстепенных членов, образуя отдельные пласты, линзы, желваковые включения.

Глиноземистые породы (латериты и бокситы) встречаются в разрезе осадочных формаций довольно часто, как правило, они не являются формациеобразующими, представляя собой очень важный второстепенный член преимущественно карбонатных или терригенных ассоциаций.

Угли каменные, бурые, горючие сланцы являются важнейшими второстепенными членами парагенезисов осадочных пород и определяют их промышленное использование. Известны случаи, когда суммарная мощность пластов углей настолько велика, что угли выступают в роли главных членов парагенезисов (Ангренская впадина).

2.4. ФОРМАЦИЕОБРАЗУЮЩИЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ И МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ

Номенклатура магматических пород разработана значительно более детально, чем номенклатура осадочных пород. Само название магматической горной породы отражает ее состав (кислотность, щелочность) и структурно-текстурные

особенности, т. е. глубинность остывания магматического очага — условия образования. Поэтому перечисление магматических горных пород, составляющих парагенетическую ассоциацию, позволяет судить о генетической сущности самой ассоциации.

Несколько хуже разработана классификация метаморфических пород, названия которых в большинстве случаев определяются их минералогическим составом. Названия метаморфических пород содержат в себе сведения о веществе и термобарической обстановке его формирования (фазии метаморфизма). В результате перечисление пород, составляющих парагенетическую ассоциацию, позволяет сделать выводы об их генезисе.

Выделяя магматические формации, необходимо различать четыре группы пород: ультраосновные (в том числе ультрамафические), основные (мафические), средние (мафическо-салические) и кислые (салические). В свою очередь, каждая группа пород разделяется на подгруппы глубинных, полуглубинных и излившихся магматических пород. Среди всех групп выделяются породы так называемого нормального и щелочного ряда. Главнейшее формациеобразующее значение среди кислых пород имеют граниты, риолиты, которые нередко ассоциируются с гранодиоритами. В связи с крупными гранитоидными массивами в качестве акцессорных обычно присутствуют гранит-порфиры, аплиты, пегматиты.

Диориты играют меньшую роль в строении формаций, участвуя в составе группы мафическо-салических формаций (габбро-диорит-плагиогранитовая, диорит-гранодиоритовая). Более широко распространены излившиеся разновидности — андезиты, которые в областях современных островных дуг Тихоокеанской окраины вместе с андезибазальтами и андезидацитами составляют 80% объема продуктов четвертичного вулканизма. Особенно широким распространением характеризуются излившиеся породы основного состава — базальты, долериты. По значению их роль выше роли глубинных мафических пород — габбро, габбро-норитов. По оценкам А.Б.Ронова, базальты составляют 89,3% всего объема вулканических пород Земли. Среди ультраосновных — главное значение имеют глубинные — дуниты, пироксениты.

Выбор разновидностей горных пород из числа широко распро-

страненных (формациеобразующих), скоплениями которых образована земная кора, определяет объемы единичных формаций и возможности формаций как индикаторов при палеореконструкциях и прогнозной оценке территорий.

ГЛАВА 3. СТРОЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

Геологические формации в разрезе земной коры образуют различные по форме и размерам геологические тела — формационные залежи. Каждая залежь характеризуется присутствием ей составом и внутренним строением (сложением). Изучение и систематизация геометрических форм залежей и их внутреннего строения представляют важную задачу.

Наименования пород одинакового минерального состава в рядах: гранит — гранит-порфир — риолит, или габбро — долерит — базальт определяются их структурными характеристиками — формами минеральных выделений. В учении о геологических формациях понятие о структуре и текстуре осадочных толщ (интрузивных комплексов) разработано недостаточно. В то же время различия в строении парагенезисов (ассоциаций пород) позволяют осадочные и осадочно-вулканогенные серии, а также магматические комплексы близкие по минеральному составу разделить на самостоятельные типы формаций. Геологические формации различаются формой их тел и внутренним сложением.

3.1. ФОРМА ТЕЛ ОСАДОЧНЫХ, МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

Степень деформации формационных залежей зависит от интенсивности тектонических движений, проявившихся после их образования, и от способности вещества к изменениям формы обособления. Вполне естественно, что для палеотектонических реконструкций необходимо представить формы залежей, неизмененные последующими деформациями, т. е. первоначально надо «распрямить» изогнутые в складки залежи, совместить разобщенные разрывами их части, после чего переходить к реконструкциям палеоструктур. Геометрические формы залежей различных групп формаций суще-

ственно различаются у формаций осадочных и осадочно-вулканогенных, магматических и метаморфических.

Осадочные и вулканогенно-осадочные формации. Интерес к изучению геометрической формы тел осадочных толщ объясняется тем, что форма залежи контролируется морфологией конседиментационной тектонической структуры. Кроме того, с залежами определенной формы и состава связаны важные промышленные месторождения полезных ископаемых, особенно нефти, газа, россыпей драгоценных металлов. Особое внимание в литературе уделено формам залегания песчаных и карбонатных пород /27/.

Одна из первых классификаций форм залегания осадочных тел принадлежит П. Д. Крынину, который выделял формы: а) покровные, или плащеобразные; б) таблитчатые; в) призматические; г) шнурковые.

Ф. Дж. Петтиджон /22/, рассматривая геометрию тел осадочных пород, уделил внимание песчаным, карбонатным и соляным породам. Среди форм, характерных для песчаных пород, он выделяет простые линейно вытянутые тела — «шнурковые песчаники», сложные и разветвленные, клиноподобные и плащеобразные песчаниковые тела. Размеры тел шнурковых песчаников весьма разнообразны. Иногда их протяженность достигает полутора сотен километров (каменноугольные отложения в США). То же касается других форм, присущих песчаным породам. Среди форм карбонатных пород он выделяет рифы, биогенные карбонатные холмы, банки и др.

Автором /27/ предложен вариант классификации морфологических типов залежей осадочных формаций. Сравнение формационных залежей с хорошо известными предметами позволяет выделить несколько их типов:

1. *Дисковидная* — плоская залежь округлой или многоугольной формы в плане. Типична для формаций центральных частей платформенных бассейнов осадконакопления.

2. *Покрывалообразная* — плоская залежь, приближающаяся по форме в плане к трапеции или прямоугольному четырехугольнику. Форма также характерна для формаций центральных частей бассейнов.

3. *Косынквидная* — плоская залежь, приближающаяся по форме в плане к треугольнику.

4. *Веерообразная* — залежь, имеющая в плане треугольную форму, утолщенная в направлении к одной из вершин.

5. *Лентовидная* — прямолинейно вытянутая плоская залежь.

6. *Шнуровидная* — прямолинейно вытянутая залежь неправильного или округлого поперечного сечения.

7. *Рукавообразная* — линейная волнисто изогнутая в плане залежь различного сечения.

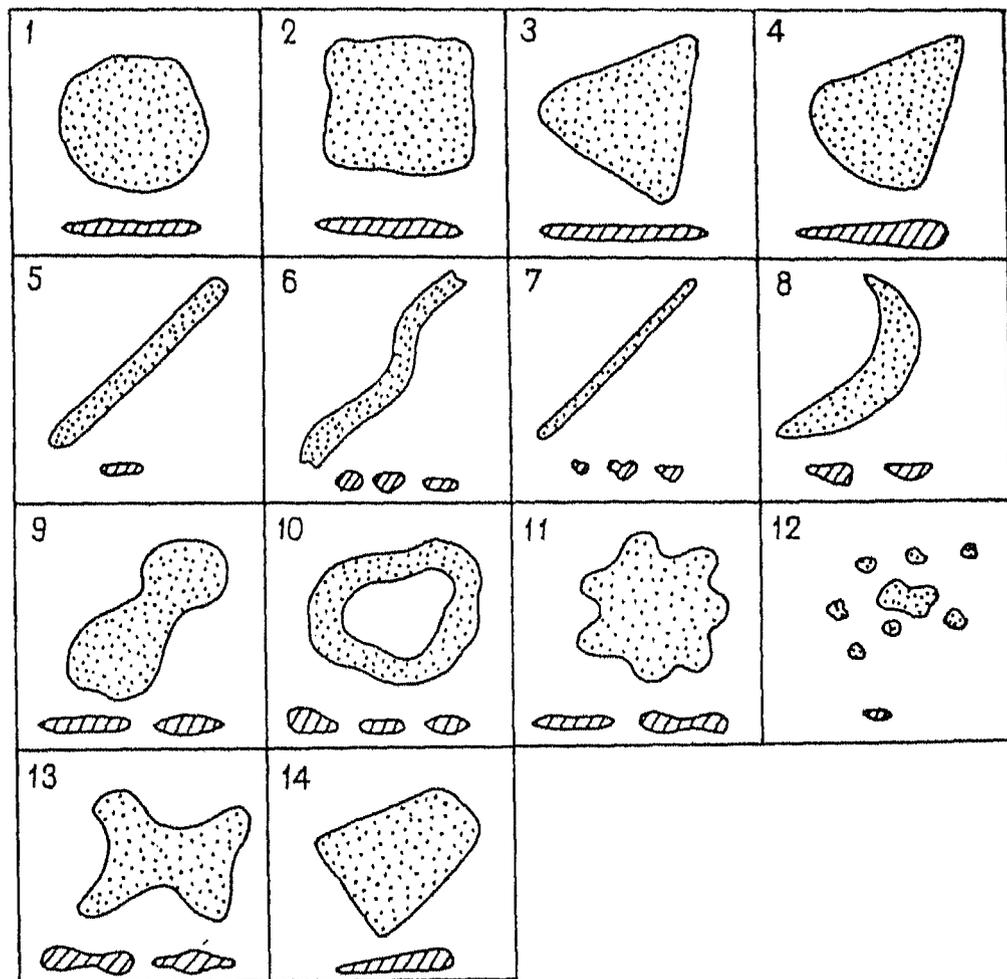


Рис. 2. Формы залежей осадочных и осадочно-вулканогенных формаций:

- 1 — дисковидная, 2 — покрываловидная, 3 — косынковидная, 4 — веерообразная, 5 — лентовидная, 6 — рукавообразная, 7 — шнуровидная, 8 — серповидная, 9 — четковидная, 10 — баранкообразная, 11 — амебообразная, 12 — кляксовидная, 13 — седловидная, 14 — клиновидная.

8. *Серповидная* — залежь С-образной формы в плане уплощенного, округлого или клиновидного сечения.

9. *Четковидная* — уплощенная или линзовидная залежь, в плане напоминающая цифру «8».

10. *Баранкообразная* — различная в сечении залежь, в плане напоминающая букву «О».

II. *Кляксовидная* — разобщенные в пространстве, близко расположенные залежи, неправильных очертаний, объединенные единой направленностью изменения состава, структуры и мощностей отложений.

12. *Седловидная* — утолщенная или утоненная в центре ромбовидная в плане залежь с «оттянутыми» углами.

13. *Амебообразная* — уплощенная залежь с неправильными и сложно очерченными краями.

14. *Клиновидная* — залежь, имеющая в плане трех-, четырехугольную форму, утолщенная вдоль одного ребра (рис.2).

Примеры большинства выделенных типов формационных залежей можно наблюдать на литолого-палеогеографических картах СССР из Атласов (1961, 1962, 1967—1969 гг.). Как правило, тела конкретных формационных залежей точно не соответствуют геометрическим фигурам, но приближаются к ним по форме. Часто формационные залежи представляют собой комбинации простых форм.

Уплощенные формационные залежи типа диска, косынки, покрывала очень широко распространены среди морских мезозойских и кайнозойских песчаниково-глинистых и карбонатных формаций на Русской, Туранской, Западно-Сибирской плитах. Вееро- и клинообразной формы залежи известны среди меловых и кайнозойских грубообломочных молассовых формаций Туранской плиты в обрамлении Тянь-Шаня. Меловые и палеогеновые обломочные формации в краевых частях Западно-Сибирской плиты, в Закавказье и во многих районах Альпийской области юга бывшего СССР образуют лентообразные, рукавообразные, серповидные тела. Своеобразной формой «баранки» обладают залежи биогермных известняков, возникшие на месте атоллов (верхний миоцен на Керченском полуострове). Совокупность биогермных массивов, обособливающих в самостоятельный формационный тип, образует тело формы «кляксы» и т. д.

При изучении стратиграфического разреза и отнесении

осадочной залежи к рангу формационной, следует учитывать не только и не столько ее абсолютные размеры (мощность), сколько время, за которое произошло ее обособление. В ранге формационной залежи может выступать однородная пачка умеренной мощности или же мощная осадочная толща. Например, в разрезе нижнего мела Юго-Западного Крыма обособливается формационная залежь, образованная красными цефалоподовыми известняками (тип «аммонитико росса») мощностью около 1,5 м. Здесь же имеется таврическая серия, образующая формационную залежь мощностью до 3 км. Протяженность формационных залежей различна, иногда она измеряется первыми десятками километров, иногда тысячами километров.

Работа по систематизации типов формационных тел тесно связана с изучением внутренней структуры формаций, с обоснованием их границ, объемов парагенетических ассоциаций пород, выделяемых в ранге формаций, и т. д. Многие вопросы еще далеки от окончательного решения и требуют своего обсуждения.

Магматические формации. Формы залегания магматических формаций давно привлекали к себе внимание исследователей, поэтому существует ряд классификаций форм залегания интрузивных магматических пород, отвечающих, по сути своей, формам залегания магматических формаций. В учебнике по структурной геологии В. Н. Павлиновым приведена такая классификация. С некоторыми упрощениями и изменениями она использована в настоящей работе.

Все магматические тела независимо от их структурной приуроченности и степени глубинности делятся на секущие, согласные и смешанные в зависимости от их взаимоотношения с вмещающими толщами.

Выделяется несколько типов секущих глубинных интрузивов. **Батолиты** — интрузивы размером более 100-200 км кв. Обычно вытянутые в плане, расширяющиеся до определенной глубины, со сложной верхней (апикальной) частью, осложненной отдельными куполами, апофизами, нередко — штоками. Батолиты, как определенная форма, наиболее характерны для гранитоидных формаций.

Батолитовые штоки — изометричные в плане крупные столбообразные, иногда конусовидные в вертикальном сече-

нии тела размером в несколько десятков квадратных километров. Обычно батолитовый шток представляет часть более крупного массива (батолита), но иногда образует самостоятельное изолированное тело.

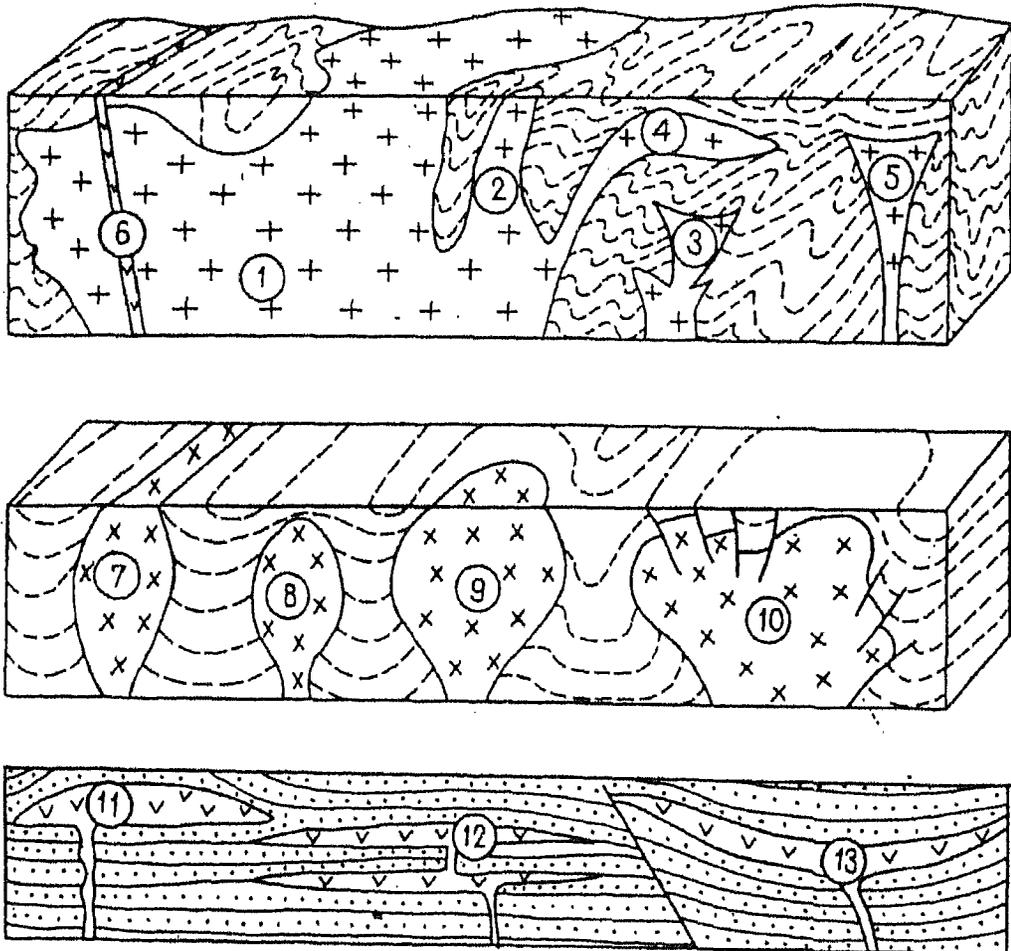


Рис.3. Формы залегания магматических интрузивных формаций (по В.Н.Павлинову):

1 - 6 — секущие тела: (1 — батолит, 2 — шток, 3 — этмолит, 4 — гарполит, 5 — сфенолит, 6 — дайка); 7 - 10 - магматические диапиры (7 — лофолит, 8 — хоамолит, 9 - сталагмолит, 10 — пигмолит); 11-13 — согласные тела (11 — лакколит, 12 — силл, 13 — лополит).

Этмолит — суживающееся в нижней части интрузивное тело воронкообразной формы с прогнутой апикальной частью. Горизонтальное сечение — изометричное, реже — вытянутое. В кровле может иметь согласный контакт с вмещающими толщами.

Гарполит — секущее или частично согласное с вмещающими породами интрузивное тело серповидной формы в вертикальном сечении, с выпуклой неровной апикальной частью. Нижняя поверхность выпуклостью обращена вверх или полого наклонена в сторону корневого канала.

Сфенолит — клинообразное, вытянутое в плане, расширяющееся к верхней части тело, размерами в десятки квадратных километров в поперечнике. Клинообразное тело, расширяющееся внизу, А.А. Полканов назвал раскол-плутоном.

Хонолит — неправильной формы магматическое тело, по размеру близкое к сфенолитам, гарполитам, этмолитам и штокам.

Дайка — плоской формы секущее протяженное наклонное тело. Размеры даек изменяются в широких пределах. Обычно формация бывает представлена комплексом даек в ассоциации с телами другой формы тел. Дайки характерны для магматических формаций больших и малых глубин.

Для магматических формаций малых глубин типичны различные по форме *магматические диапирсы*, среди которых выделяются диапировые дайки, лофолиты, хоамолиты, диапировые штоки, сталагмолиты, пигмолиты и линзовидные секущие тела (рис. 3).

К группе согласных с вмещающими толщами гипабиссальных интрузивных тел относятся межпластовые тела — *силлы*, нередко образующие несколько этажей в разрезе слоистой толщи (так называемые многоэтажные силлы). Силлы совместно с дайками и другими телами могут составлять сложное тело одной формации.

Лакколиты — согласные линзо- или караваеобразные тела, различные по размерам, с трубо- или дайкообразным каналом, уходящим вниз.

Лополиты — согласные межпластовые интрузивные тела блюдцеобразной формы с размерами до сотен километров в поперечнике и мощностью в сотни метров. Лополиты являются характерной формой для формаций базитовой магмы.

Факолиты — линзообразные тела небольших размеров, располагающиеся в ядрах складок.

Субвулканические и вулканические породы в разрезе земной коры образуют дайки, нежки (вулканические жерло-

вины), потоки, покровы и др. Парагенетические ассоциации этих форм составляют тела вулканических магматических формаций.

3.2. ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ОСАДОЧНЫХ И ОСАДОЧНО-ВУЛКАНОГЕННЫХ ФОРМАЦИОННЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Для характеристики парагенезисов горных пород тип строения толщи не менее важный диагностический признак, нежели ее состав. Оценивая строение парагенезисов (ассоциаций пород), удастся выяснить многообразие типов осадочных и осадочно-вулканогенных серий, а также магматических комплексов близких по минеральному составу. Наиболее выразителен тип строения у флишевых серий: многократное правильное чередование наборов пород, составляющих флишевый ритм (многослой, по Н.Б. Вассоевичу). Один полный ритм составляет так называемую элементарную ячейку парагенезиса (термин В.И. Драгунова). Повторение ритма (элементарной ячейки – «набора» пород) в разрезе создает формацию. Очень типична ритмичность угленосных серий с повторяемостью ограниченного набора типов пород, ритмичность карбонатных толщ и т.д.

Поиски закономерности в повторяемости слоев по разрезу приводят исследователя к проблеме анализа внутренней структуры (сложения) толщи. Она становится особенно актуальной, когда решается вопрос о положении в разрезе пород, являющихся полезными ископаемыми. Впервые геологи-угольщики стали обращать внимание на строение угленосных толщ, устанавливая ритмичность (цикличность), выявлять типы циклов (полные, неполные и т.д.), характеризовать контакты между слоями, выделять толщи с выдержанными и невыдержанными слоями и т. д. При оценке перспектив территорий на месторождениях изучается строение соленосных толщ, железорудных серий и др. Важно изучение внутреннего строения зональных и расслоенных интрузивных массивов, заключающих скопления ценных рудных минералов.

Внутреннее строение тел геологических формаций наиболее полно изучено для осадочных серий, на примере которых можно рассмотреть приемы исследования сложения формаций. Усилия геологов направлены преимущественно на анализ ритмичности, на основе которой удастся осуществ-

влять стратиграфическую корреляцию отложений; ритмичность также помогает проанализировать историю тектонических движений и понять общую направленность осадочного процесса. Вполне определенное место в ритмах занимают горизонты с полезными ископаемыми.

Установление ритмичности в разрезе осадочных серий позволяет увидеть в них элемент упорядоченности. Ритмичность создает «каркас», которому подчинена внутренняя структура формации. Чем более четко выражена ритмичность в строении разреза, тем более «жестким» является этот «каркас», и более высокой степенью упорядоченности характеризуется структура формации. По степени и типам ритмичности (жесткости каркасной структуры) формации выстраиваются в непрерывный ряд от полностью неритмичных, обладающих неупорядоченным строением, к грубо-, крупно-, средне-, мелко- и тонкоритмичным. Наиболее упорядоченно строение мелко- и тонкоритмичных флишевых формаций, которые в некотором отношении по типу внутренней структуры приближаются к кристаллическому веществу в отличие от «аморфных» неритмичных формаций.

Проблема типизации внутреннего строения формаций требует дальнейшей разработки. Обсуждаются принципы выделения типов структур формаций, неясен масштаб необходимых и достаточных изменений в структуре одинаковых парагенетических ассоциаций, обеспечивающих их обособление как разных формаций.

При разработке вопросов, внутренней структуры геологических формаций необходимо опираться на имеющиеся достижения петрографии, на известные представления о структурах и текстурах горных пород /26/. Термином «структура» российские петрографы обозначают размерность и форму частиц (зерен), слагающих породу, а термином «текстура» — взаимное расположение минеральных зерен друг относительно друга. Вместе структура и текстура характеризуют строение породы.

Что является минеральным зерном на формационном уровне анализа вещества земной коры? Если горная порода состоит из минеральных выделений (зерен, сростков кристаллов, стекловатой массы аморфного вещества, обломков и др.), то осадочная геологическая формация образована слоя-

ми, линзами, желваками горных пород. Слои группируются в элементарные ритмы, парагенезисы, которыми составлено тело всей формации. Будет правильным считать, что на уровне геологических формаций в качестве минеральных зерен выступают слои горных пород.

Опираясь на существующие в петрографии представления, следует под структурой осадочной формации подразумевать форму выделения (слой, линза, желвак и др.) и мощность слоев горных пород, слагающих формацию; под текстурой формации — характер взаимоотношения слоев горных пород. В совокупности эти показатели дают строение (сложение) формации.

Учитывая, что термины «структура» и «текстура» по отношению к горным породам не всеми исследователями понимаются однозначно; вероятно, в учении о геологических формациях возможно ограничиться терминами «строение, сложение», понимая под этим величину мощности отдельных слоев горных пород, соотношение мощностей слоев, характер распределения слоев в разрезе и на площади, взаимоотношения между слоями горных пород.

Структура и текстура горной породы обычно изучается на поверхности стенки обнажения, на сколе образца - в двухмерном пространстве. Строение осадочных толщ необходимо изучать и характеризовать в трехмерном пространстве, внутри объема, занимаемого телом формации.

Можно предложить выделять несколько типов строения осадочных формаций. При установлении типов мы пользовались примерами реально существующих, изученных нами осадочных серий. Некоторые типы строения формаций только предполагаются. Учитывая это, предлагаемая систематизация типов строения осадочных формаций в дальнейшем будет дополняться и уточняться.

Анализ строения формаций проводится по нескольким параметрам.

В зависимости от величины мощности и выдержанности слоев горных пород, являющихся ведущими среди набора, составляющего формацию, выделяются следующие типы строения:

1. Неслоистое (массивное) — слоистость отсутствует.
2. Неяснослоистое — слоистость в обнажении намечается

на некоторых уровнях разреза тонкими линзовидными прослойками, желваками.

3. Яснослоистое — слоистость видна в обнажении; средняя мощность слоев: а) грубослоистое — 5-10 метров; б) крупнослоистое — 2-5 метров; в) среднеслоистое — 0,5 - 1,5 метра; г) мелкослоистое — дециметры; д) тонкослоистое — сантиметры.

В зависимости от соотношения мощностей слоев — главных членов породной ассоциации, выделяются следующие типы строения:

- равномернослоистое (в интервале 1:1–1:2);
- неравномернослоистое (в интервале 1:2–1:5);
- прослоевое (соотношение менее 1:5).

По характеру границ ведущего члена формации выделяются следующие типы строения формаций:

- с постепенными переходами в кровле и подошве слоев;
- с постепенным переходом в кровле и следами размыва в подошве слоев;
- с постепенным переходом в подошве и размывом в кровле слоев;
- со следами размыва в кровле и подошве слоев;
- с четкими ограничениями в кровле и подошве, но без следов размыва.

Различия в формах выделения осадочных пород — главных компонентов ассоциации и ориентировки слоистости относительно границ залежи позволяют предложить выделять типы строения: а) параллельнослоистое; б) линзовиднослоистое; в) косослоистое; г) желваково-вкрапленное; д) линзовидно-вкрапленное; е) биогермное; ж) слоистодеформированное; з) спутаннослоистое; и) глыбовое (олистостромовое).

В зависимости от размещения слоев горных пород в разрезе выделяются толщи: однородного (монотонного) и неоднородного строения с направленным изменением соотношения пород в разрезе. Толщи неоднородного строения могут иметь симметричную и асимметричную структуру. Различают строение: первично асимметричное — трансгрессивно-построенное (от грубообломочных и крупнодетритовых пород в подошве к тонкообломочным и хемогенным в кровле); регрессивно-построенное (от тонкообломочных и хемоген-

ных пород в подошве к грубообломочным и органогенно-детритовым в кровле) и вторично асимметричное — за счет размыва верхней части формации.

Формации ритмичнослоистые. имеют грубо-, крупно-, средне-, мелко-, тонкоритмичное строения. Формации тонко- и мелкоритмичные, как правило, относятся к категории флишевых. Ритмичности формаций посвящены специальные исследования Н.Б. Вассоевича, И.А. Вылцана, Ю.А. Карагодина, С.Л. Афанасьева и многих других специалистов.

Строение формации не сохраняется на всем пространстве, занятом ее телом. В разных частях формационной залежи строение формации может несколько различаться. Каждый тип строения формации должен характеризоваться степенью его выдержанности относительно площади залежи. По степени выдержанности они могут быть подразделены:

а) весьма выдержанные — строение сохраняется на всей площади формационной залежи;

б) выдержанные — строение сохраняется на $2/3$ площади формационной залежи;

в) относительно выдержанные — строение сохраняется на $1/3 - 2/3$ площади формационной залежи;

г) невыдержанные — строение сохраняется менее чем на $1/3$ площади формационной залежи.

Если проанализировать типы строения формаций, то нетрудно увидеть, что из выделенных классификационных групп первые три характеризуют собственно структуру толщ, последние четыре — текстуру.

3.3. ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ ПЛУТОНИЧЕСКИХ (ИНТРУЗИВНЫХ) ФОРМАЦИЙ

Сведения о внутреннем строении плутонических формаций в литературе ограничены. По имеющимся описаниям конкретных интрузивных массивов и аналогиям с телами осадочных и осадочно-вулканогенных формаций можно в общих чертах говорить о типах внутренней структуры плутонических комплексов. В зависимости от изменения минералогического состава и структуры пород, слагающих интрузивные массивы, выделяются массивы однородные и дифференцированные. В зависимости от степени дифференцированности (от числа выделяемых типов пород) тела могут

быть двух-, трех-, четырех-зональными и более. Зональность выражается симметрично относительно центральной (или апикальной) части массива или зональность может быть асимметричной. Степень отчетливости границ между отдельными зонами, ширина зон в поперечном сечении также определяет структуру дифференцированных плутонов.

Структура также определяется изменением кислотности и щелочности пород от центра к периферии, от лежачего бока к висячему. Так называемые «расслоенные» интрузивные массивы удастся разделить в зависимости от степени их расслоенности, измеряемой сантиметрами, дециметрами, метрами. Наряду с полосчатым строением интрузивных тел нередко выделяют линзовидно-полосчатый тип строения и т.д.

Важным показателем структуры интрузивных комплексов является число фаз внедрения, взаимоотношение фаз внутри интрузивного комплекса, направленность изменения кислотности пород каждой последующей фазы (гомодромная или антидромная направленность изменения состава).

ГЛАВА 4. РЯДЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ И ИЕРАРХИЯ ФОРМАЦИОННЫХ КАТЕГОРИЙ

4.1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ КАК ЭЛЕМЕНТЫ ТЕКТОНО-СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ И ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКИХ ЦИКЛОВ

Каждая осадочная формация, обладая определенным типом строения, сама является элементом структуры объекта более высокого иерархического уровня - формационного комплекса. Обычно под осадочным формационным комплексом понимают осадочное выполнение бассейна седиментации, существовавшего в течение одного тектонического цикла. Стратиграфическая последовательность формаций внутри подобного формационного комплекса образует его вертикальный формационный ряд, последовательность разновозрастных формаций на любом его стратиграфическом уровне — латеральный формационный ряд.

Число формаций, составляющих формационный ряд, их последовательность, взаимоотношения друг с другом создают структуру формационного ряда. Совокупностью структур

рядов определяется структура осадочных формационных комплексов.

Вертикальный ряд формаций одного тектонического цикла соответствует крупному тектоно-седиментационному мегаритму, начинающемуся общей трансгрессией и завершающемуся общей регрессией. На этом основаны тектонические классификации формаций В.В. Белоусова, В.Е. Хаина и других исследователей. Мегаритмичность в строении осадочных комплексов наиболее отчетливо выражена в последовательности формаций на платформах, но также наблюдается в складчатых областях. Каждая формация выступает в разрезе как один из элементов тектоно-седиментационного мегаритма. Вертикальная последовательность формаций может отвечать простому или сложному, полному или неполному мегаритму, что и определяет строение вертикального формационного ряда.

Последовательная смена осадочных толщ во времени происходит в связи с изменением палеогеографической обстановки, тектонического режима, климатической зональности, источников поступления осадочного материала. Каждая осадочная формация фиксирует определенный этап истории участка бассейна осадконакопления. Графически вертикальный ряд изображается в виде стратиграфической колонки, на которой вместо пород обозначены формации. Иногда вертикальный ряд изображают в виде словесного перечисления формаций в их последовательности на протяжении выбранного интервала времени.

В зависимости от конкретных задач, стратиграфические объемы исследуемой вертикальной последовательности осадочных формаций могут быть разными: от отдела, системы до подэратемы и эратемы. Полный стратиграфический объем вертикального ряда определяется продолжительностью одного тектоно-седиментационного цикла, поскольку рубежам циклов соответствуют крупные структурные перестройки с исчезновением старых бассейнов и появлением новых.

Вертикальный ряд формаций фиксирует смену отложений на ограниченном участке бассейна осадконакопления. На соседнем участке он может выглядеть иначе. Вертикальный ряд центральной зоны в бассейне всегда отличается от такого же ряда в периферических зонах бассейна. Для полно-

го представления об эволюции палеобассейна составляется множество вертикальных рядов формаций. Различия в рядах формаций обусловлено палеогеографической и палеотектонической зональностью внутри бассейна.

Латеральный ряд формаций отражает смену разновозрастных формаций на площади бассейна или на одном из его участков. Протяженность латерального ряда зависит от задач исследователя и его возможностей. Оптимальный вариант: составление латерального ряда формаций от берега до берега палеобассейна. Графически латеральный ряд изображается в виде профильного разреза разновозрастных отложений, на котором условными знаками изображены формации и показано их взаимоотношение по заданному направлению. Латеральный формационный ряд по перекрестному направлению будет выглядеть иначе. Через одну точку палеобассейна можно провести множество направлений и составить по ним латеральные ряды (фациальные профили) и все они будут отличаться. Латеральный ряд можно выразить словесно в виде наименования последовательности формаций, сменяющихся по горизонтали.

Рядам формаций придается большое значение при установлении различий типов структур и истории их развития, при выяснении происхождения отдельных типов толщ и пород. Некоторые исследователи считают ряды формаций вещественной категорией более высокого ранга, нежели формации и оперируют в своих исследованиях рядами формаций как «надформационными» категориями /7/. В действительности это не так. Одна структурная форма может быть изображена различными по виду рядами в зависимости от положения выбранной точки в пределах этой структуры (вертикальный ряд) и ориентировки профильного разреза (латеральный ряд). Поэтому построение рядов формаций – это способ изображения пространственного взаимоотношения тел формаций, метод анализа взаимоотношений формаций, но это не их парагенезис более высокого иерархического уровня.

Увязка магматических комплексов с вертикальной последовательностью осадочных формаций позволяет строить вертикальные ряды магматических формаций. Горизонтальные ряды магматических формаций устанавливаются по смене состава магматических продуктов на площади круп-

ных тектонических структур. Сравнительное изучение строения латеральных и вертикальных рядов - способ тектонического анализа крупных структур земной коры

4.2. ИЕРАРХИЯ ФОРМАЦИОННЫХ КАТЕГОРИЙ

Тела отдельных типов геологических формаций в земной коре распространены не изолированно. В их пространственном расположении существует определенная упорядоченность, выраженная в том, что отдельные сходные составом или строением «кирпичики» группируются в более крупные агрегаты — «блоки» на основе вещественных или структурных связей.

Тела отдельных осадочных и осадочно-вулканогенных формаций, группируясь в ассоциации, заполняют конседиментационные прогибы, именуемые осадочными бассейнами. В роли бассейнов выступают разновеликие и разноранговые отрицательные структурные формы земной коры от межгорной впадины, типа оз. Иссык-Куль, расположенной внутри пояса новейших поднятий, до гигантской области погружения — впадины Тихого океана.

По мере прогибания ложа бассейна происходит его заполнение различными по составу и строению осадочными и вулканогенными толщами и этот процесс происходит тем дольше, чем крупнее структурная форма и продолжительнее ее развитие как единой самостоятельной структуры. Формации, заполняющие бассейн, находятся в парагенетических взаимоотношениях, образуя изолированную или полуизолированную самостоятельную систему. Форма тела комплекса формаций, заполнившего бассейн (бассейнового комплекса), определяется морфологическими и генетическими особенностями конседиментационного прогиба. Классическим примером бассейнового комплекса является парагенез юрских, меловых и кайнозойских формаций Западно-Сибирской плиты, составляющих крупную линзу в разрезе осадочного слоя на севере Евразии.

Поскольку бассейны соответствуют разноранговым структурным формам, постольку бассейновые комплексы также являются разноранговыми. Их ранг определяется размерами прогиба и длительностью его формирования.

Обычно возрастные объемы бассейновых комплексов

формаций крупных структур соответствуют продолжительности планетарных тектонических циклов (каледонский, герцинский, киммерийский и т.д.), т.е. двум – двум с половиной периода. Объемы малых бассейновых комплексов могут соответствовать эпохам относительной стабилизации (например, поздний девон-ранний карбон) или, наоборот, эпохам очередных тектоно-магматических активизаций (ранний-средний девон, средний-поздний карбон, пермь, поздняя юра-неоком и др.). Характерно, что в эпохи тектонической активизации происходит отмирание крупных бассейнов предшествующего тектонического цикла. В это же время по-соседству закладываются крупные новые бассейны следующего тектонического цикла или же малые бассейны в отрицательных структурах орогенных областей.

Бассейновые комплексы формаций наиболее хорошо видны в разрезах чехольных толщ древних и молодых платформ, на современных шельфах. В складчатых областях распространены деформированные «обрывки» бассейновых комплексов. В разрезе чехла Восточно-Европейской платформы удастся выделить: два или три рифейских, вендско-кембрийский, ордовикско-раннедевонский, среднедевонско-раннекаменноугольный, среднекаменноугольно-раннепермский, познепермско-среднетриасовый, юрско-раннемеловой, позднемеловой-палеогеновый бассейновые комплексы.

Юрско-раннемеловой, позднемеловой-кайнозойский комплексы выделяются на Туранской, Скифской, Западно-Сибирской плитах. В вертикальном сечении каждый комплекс отвечает тектоно-седиментационному циклу.

Строение бассейновых комплексов формаций устанавливается при сравнении множества вертикальных и латеральных рядов формаций, секущих тело бассейнового комплекса. Вертикальные ряды, расположенные в центральной части тела бассейнового комплекса (площади палеобассейна), как правило, существенно отличаются составом и строением от вертикальных рядов, составленных для периферических зон. Также отлично выглядят латеральные ряды в зависимости от их пространственной ориентировки и положения относительно центральной части тела бассейнового комплекса.

В крупных осадочных бассейнах на площади современных

океанов и их окраин можно наблюдать наличие разнопорядковых структурных ассоциаций формаций, обособленных разноранговыми тектоническими структурами. Связи между формациями в таких ассоциациях — пространственные, структурные. Тела ассоциаций в плане имеют неправильную изометричную, уплощенную форму с размерами в сотни тысяч квадратных километров (на платформах) или линейно-линзовидную форму с площадью в десятки тысяч квадратных километров. Последние характерны для структур типа трогов глубоководных желобов, глубоководных впадин окраинных морей, впадин краевых прогибов и сопряженных с ними положительных структур.

Значение климатического фактора в обособлении структурной ассоциации формаций I ранга, как правило, сводится к нулю, так как относительно небольшие размеры структур предполагают их размещение в одной климатической зоне.

Четкие структурные парагенетические связи, объединяющие 3–4 формации в одну ассоциацию формаций, характерны для сакмарско-артинских отложений южных впадин Предуральяского прогиба, верхнеюрских толщ Горного Крыма, Большого Кавказа и др.

Структурные ассоциации осадочных и осадочно-вулканогенных формаций, пространственно связанные с частным прогибом (поднятием) или его частью (I ранг ассоциаций), в некоторых случаях объединяются в более крупные структурные парагенезисы, пространственно соответствующие системам сходных структур — островных дуг, глубоководных желобов, впадин краевых прогибов. Это парагенезисы формаций II ранга. В свою очередь, системам островных дуг и обрамляющих их отрицательных структур (геосинклинальная область) так же, как и орогенным поясам, соответствует свой, III ранг ассоциаций формаций. Характерно, что тело ассоциации формаций III ранга может иметь неправильно-сетчатую форму в связи с перемежаемостью прогибов и поднятий — прерывистостью отрицательных структур. Занимая большие площади на поверхности планеты, тела структурных ассоциаций формаций II–IV рангов могут выходить за пределы одной климатической зоны, в связи с чем они могут распадаться на ассоциации климатически обусловленные.

Разноранговые вещественные комплексы (формации и их ассоциации) пространственно коррелируются со следующими категориями структурных элементов: часть прогиба – прогиб (поднятие) – система частных прогибов (поднятий) – пояс прогибов и поднятий – океанский бассейн (материковый массив) – мировой океан – суперконтинент – осадочная оболочка земной коры. Каждая ассоциация формаций контролируется в данном случае тектоническим режимом, присущим для площадей вышеперечисленных разноранговых тектонических структур. Общность тектонического режима проявляется в сходных чертах вещественного состава, но особенно, в морфологии формационных залежей и их внутреннем строении.

Помимо чисто структурных связей между формациями обнаруживаются связи, обусловленные особенностями литогенеза в различных ландшафтно-климатических зонах планеты. Эти связи выражаются в сходстве вещественного состава одновозрастных смежных формаций, обусловленные общим седиментационным фоном на площади осадконакопления. Седиментационный фон контролируется суммарным эффектом нескольких факторов: удаленностью от источников сноса, климатической зональностью, составом материала, поступающего в бассейн, постоянными течениями и т.д. Ассоциации формаций, связи в которых обусловлены общим седиментационным фоном бассейна, названы нами фоновыми. Фоновые ассоциации формаций могут быть, по меньшей мере, двух рангов.

Ассоциации формаций выделяются при изучении латеральных или вертикальных рядов формаций. Части ряда отождествляются с ассоциациями разных рангов. Но не следует забывать, что ряд формаций — это искусственно «вырезанная» часть объема осадочного слоя земной коры, соответствующая или небольшой вертикальной призме над тектонической формой или тонкой ленте одновозрастных отложений. В действительности ассоциация формаций любого типа и ранга образует объемное тело. Такие тела именуют формационными комплексами. Следовательно, в природе существуют формационные комплексы нескольких рангов. Представляется, что между единичной формацией и слоем оболочки планеты следует выделять четыре ранга комплексов,

образованных группами формаций, их парагенезисами.

В каждом конкретном случае в зависимости от задач, стоящих перед исследователем, он будет оперировать в своих построениях формационными телами разных рангов. Результаты формационного анализа будут тем успешнее, чем удачнее мы подберем ранг парагенетической ассоциации горных пород, с которой следует работать как с формационной единицей при решении конкретной задачи.

Например, для прогноза некоторых типов россыпных месторождений необходимо выделить в роли «рабочей» парагенетическую ассоциацию русловых кварцевых песчаников, противопоставив ее прочим ассоциациям кварцевых песчаников (эолового, дельтового и др. происхождения). Для обоснования платформенного режима развития достаточно выделить как «рабочую» ассоциацию кварцевых песчаников и каолинитовых глин (любого происхождения). Ассоциация андезит-дацитовых и граувакковых формаций является индикатором режима островных дуг. Для установления этапности в истории накопления платформенного чехла, можно ограничиться разделением разреза на ассоциации преимущественно обломочных, глинистых, карбонатных пород.

Проблема иерархии природных вещественных геологических объектов крайне важна, так как при формационном анализе исследователь должен работать с ассоциациями определенного ранга. Не имеет принципиального значения, какого ранга ассоциация горных пород будет принята за «рабочую» и даже названа «формацией». Важно, чтобы этот ранг был одинаковым. В настоящее время приходится использовать нечто вроде переводных коэффициентов при сравнении формаций, выделенных разными исследователями.

ГЛАВА 5. МЕТОДИКА ВЫДЕЛЕНИЯ И ИЗУЧЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

5.1. ТЕХНОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

При выделении в разрезе земной коры ассоциаций горных пород в ранге формаций необходимо последовательно ре-

шить несколько методических вопросов. Во-первых, надо установить номенклатуру пород, объединяемых в ассоциацию. Наименованием пород, рассматриваемых в качестве парагенетической ассоциации, определяется объем тела ассоциации пород. Во-вторых, необходимо условиться о параметрах структуры толщи, принимаемой за формационный тип. Это позволит оконтурить формационные тела. В выборе номенклатуры формациеобразующих пород и параметров структуры парагенеза заключается целевой подход выделения формаций.

При выборе номенклатуры формациеобразующих пород, следует руководствоваться тем, чтобы толща, составленная этими породами, могла служить индикатором палеогеографической обстановки, тектонического режима. Условившись о том, какие виды пород, мы объединяем в парагенетические ассоциации, мы тем самым, ограничиваем объем тела парагенетической ассоциации.

При выделении формаций выявляется совокупность слоев пород — элементарный набор, повторяемостью которого сложено тело формации. Элементарные наборы наиболее легко устанавливаются в толщах ритмичного строения — во флишевых, угленосных, соленосных сериях. Так, например, в разрезе таврической серии Горного Крыма один флишевый ритм, образованный слоями полевошпат-слюдисто-кварцевого песчаника, слюдисто-кварцевого алевролита, гидрослюдистого аргиллита с линзовидными включениями глинистого сидерита, отвечает элементарному парагенезису. Песчаник, алевролит, аргиллит являются главными (обязательными) членами ассоциации, сидерит распространен не во всех ритмах и служит второстепенным (необязательным) ее членом. В некоторых флишевых ритмах присутствует полимиктовый гравелит или же мелкогалечный конгломерат, который также является необязательным членом набора. Повторяемостью в разрезе вышеуказанного элементарного набора пород образована формация таврического флиша

Многократно повторяющимися ритмами (элементарными парагенезами), образованными полевошпат-кварцевыми песчаниками и алевролитами, аргиллитами, каменными углями и органоменными известняками, представлена донецкая угленосная формация и т. д.

С учетом предварительно выбранных видов формациеобразующих горных пород, объединяемых в ассоциации, порядок операций при выделении формаций может быть представлен следующим образом:

- 1) в ходе описания и графического изображения серии разрезов отложений выявляется элементарная совокупность слоев горных пород (элементарный парагенезис, «набор»), повторяемостью которых образована формация по вертикали. Устанавливаются обязательные и второстепенные члены формации. По изменению минерального состава намечаются границы парагенезиса;
- 2) на профильных разрезах или на карте устанавливается площадь распространения данного парагенезиса;
- 3) устанавливается тип внутренней структуры парагенезиса, его изменение от ядерной части формационного тела к периферийным зонам;
- 4) выявляются поверхности, ограничивающие данное формационное тело от смежных с ним (по изменению минерального состава пород и структуры парагенезиса);
- 5) устанавливается форма, размеры формационного тела, его стратиграфический диапазон в разных частях;
- 6) выявляется положение формационного тела в более крупном теле ассоциации формаций, оценивается необходимость и возможность выделения внутри формационного тела частей – подформаций;
- 7) сравнением с известными эталонами устанавливается принадлежность данной ассоциации пород к тому или иному типу ассоциаций, устойчиво повторяющихся во времени и в пространстве;
- 8) дается наименование формации исходя из принадлежности ее к определенному ранее описанному типу.

Формация целиком может быть воспринята исследователем только в виде уменьшенной модели, изображенной на топографической карте (горизонтальное сечение) или на профильном разрезе (вертикальное сечение). Выбор способов изображения, наглядность изображения состава и строения толщи во многом определяют успех при выделении и изучении формаций.

Выделение формаций ни в коей мере не может быть подчинено принципу: *эта толща является геологической фор-*

мацией, поскольку она соответствует начальному (или среднему, или конечному) этапу развития складчатой области. Этим тезисом, к сожалению, порой пользовались и пользуются геологи, главным образом тектонисты.

Соответствие формаций стадиям эволюции крупных тектонических форм, которыми они контролируются, следует из анализа вертикальных рядов формаций. Выделение стадий должно производиться на основании смены формаций в их вертикальной последовательности. Стадии в развитии структурных форм выделяются в итоге формационного анализа и могут именоваться по наиболее характерным типам формаций и их ассоциаций. Поэтому подход к выделению формаций как комплексов пород (часто самых разнообразных), соответствующих заранее определенным стадиям развития структурных зон земной коры, не может быть принят.

5.2. ГРАФИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ – ОСНОВА ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ, ИЗУЧЕНИЯ И АНАЛИЗА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

Геологическая формация представляет собой ассоциацию горных пород, образующую в земной коре трехмерное геологическое тело (формационную залежь) достаточно крупных размеров. Мощности осадочных формаций изменяются от первых метров до сотен и тысяч метров, площади распространения тел нередко измеряются многими тысячами квадратных километров. Также велики размеры тел магматических и метаморфических формаций. В одиночном обнажении геолог наблюдает только небольшой фрагмент тела геологической формации в двухмерном пространстве. Величина формационного тела как объекта наблюдений оказывается необозримой для исследователя без многократного уменьшения. В этом состоит принципиальное отличие объектов формационного уровня от объектов, изучаемых минералогией и петрографией.

Минералог и петрограф свои объекты изучают при их увеличении под микроскопом. Специалист по формациям вынужден изучать формации на уменьшенных моделях. Такими уменьшенными моделями являются, прежде всего, карты формаций, колонки, профильные разрезы, блок-диаграммы. Некоторые параметры формаций можно также представить в форме цифровых моделей.

Геологическая формация изучается всеми доступными геологическими методами в отдельных обнажениях и по скважинам. Результаты исследования наносят на карты и на разрезы. Только карта совместно с разрезом позволяет охарактеризовать формацию как трехмерное геологическое тело и показать ее соотношение со смежными формациями

Обобщение материалов при картографировании формационных тел и нанесение их на профильные разрезы требуют два типа условных знаков: для изображения пород, составляющих формации, и для изображения самих формаций. Для изображения горных пород система знаков предлагается существующими инструкциями, для формаций необходимо специально разработать знаки. Рассмотрим содержание формационных колонок, профильных разрезов и карт.

Формационные колонки и разрезы. Формационные колонки и профильные разрезы бывают двух типов: с изображением пород и их сочетаний в разрезе и с изображением формаций как обособленных тел.

На первом этапе составляют обычные литолого-стратиграфические колонки, петрографические разрезы, литолого-фациальные профили с детальным обозначением всех разновидностей горных пород, их генетических признаков и взаимоотношений по вертикали и латерали. Вертикальный масштаб колонки выбирается в соответствии с возможностью изображения слоев горных пород, составляющих ассоциации. Обычно это масштаб от 1:100 и 1:1000, иногда мельче. Колонка позволяет изучать изменение состава и строения толщ по вертикали и выделять формации в частных разрезах, отделять формацию от вышележащей и нижележащей. Для наглядного изображения внутреннего сложения толщи, при выделении каждой разновидности горных пород, строят колонку разной ширины. В результате один из краев колонки приобретает ступенчатый вид. Чем крупнее зернистость обломочной породы, тем больше ширина колонки.

Формационные профильные разрезы составляются путем обобщения данных, изображенных на колонках и сведения на один лист колонок, расположенных на одной линии. При составлении разреза важно выбрать «нулевую» линию, от которой вверх и вниз отстраиваются мощности слоев. В качестве таковой может быть принята кровля или подошва од-

ной из формаций или какой-либо маркер внутри толщи. Формационные разрезы позволяют оконтурить формационное тело, выделить зоны внутри него, изучить связи со смежными формациями.

Вертикальный масштаб профильных разрезов должен позволить изобразить элементарные наборы слоев, ритмы. Горизонтальный масштаб зависит от размеров формаций.

Для изображения разностей пород, слагающих толщи (комплексы), используются общепринятые для горных пород условные обозначения (см. инструкции по оформлению и подготовке к изданию геологических карт), позволяющие показать типы пород, образующих ассоциации. При необходимости эти значки можно видоизменить для показа разновидностей пород, слагающих формации.

Например, общепринятый для песков и песчаников знак «точка» можно усложнить, показав над точкой сверху маленькую дужку при изображении граувакковых песчаников, перечеркнуть точку коротким штрихом – при изображении кварцевых песчаников, крестиком – аркозовых и т. п.

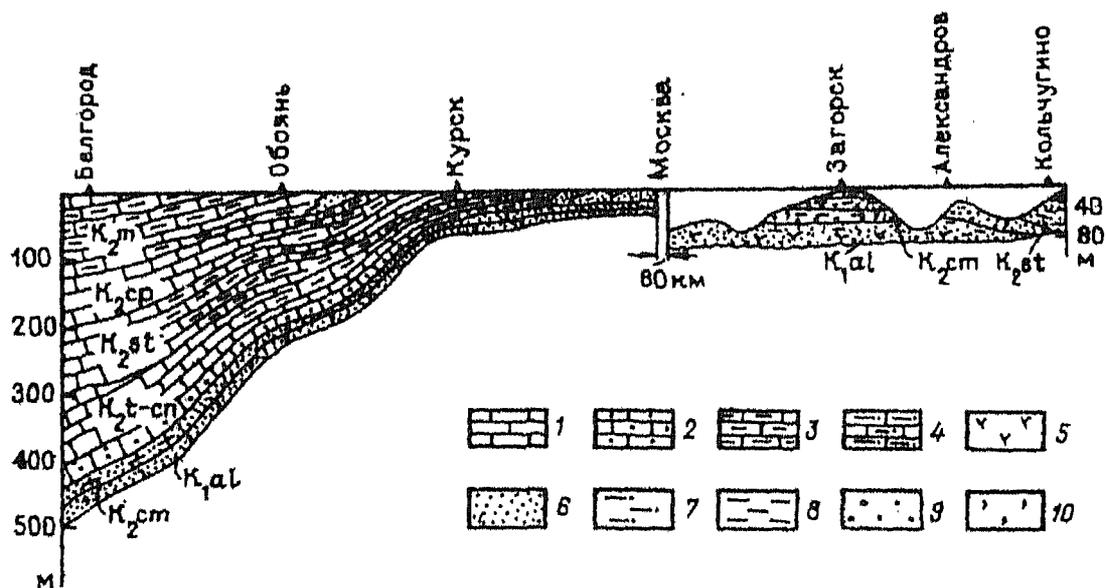


Рис. 4. Замещение мергельно-меловых формаций глинисто-опокowymi на Воронежской антеклизе.

Типы пород: 1 – мел и мелоподобные известняки, 2 – мел песчаный, 3 – глинистые мелоподобные известняки, 4 – мергели песчанистые, 5 – трепелы, опоки, спонголиты, 6 – пески, песчаники, 7 – алевриты, 8 – глины, 9 – фосфорит, 10 – глауконит.

Кроме того составляются формационные колонки и профильные разрезы на которых условными знаками изображены формации (не породы!). Формационные колонки служат для показа вертикальной последовательности (вертикального ряда) формаций данного участка земной коры. На профильных формационных разрезах также показывают латеральные ряды формаций и взаимоотношение разновозрастных формационных тел (рис. 4).

Формационные карты — карты с обозначенными на них границами формаций. Обычно основой для них являются геологические, литологические или петрографические карты.

Наиболее широко распространены карты формаций, составленные по образцу литолого-фациальных карт для интервала времени, соответствующего одной или двум формациям (один-два яруса, отдел). На таких картах показывают: площади распространения формаций, их состав и строение, мощность, внутреннюю зональность, взаимоотношение с покрывающими и подстилающими формациями, скопления полезных ископаемых. Цвет на карте можно использовать для изображения типов строения парагенезисов, штриховые изображения — для характеристики состава. Взаимоотношение с подстилающими и покрывающими формациями показывают на колонках, сопровождающих карту. Если выбранному возрастному интервалу на каком-либо участке площади карты соответствуют две формации, они обозначаются чередованием полос соответствующих знаков. Подобные карты удобно составлять для районов пологого или горизонтального залегания формаций.

Для районов наклонного и складчатого залегания используют геологические карты с нанесенными на них границами формаций. При сохранении стратиграфических индексов геологической основы цветовую раскраску целесообразно использовать для обозначения принадлежности формации к определенной группе по веществу (известняковой, терригенной, вулканогенной) или строению (флишевой, неслоистой). Штриховыми знаками обозначаются виды формаций.

Мощности формаций удастся показать цифрой на карте или комбинациями условных знаков ее состава. Взаимоотношение с покрывающими и подстилающими формациями наглядно изображается на карте.

Формационные карты являются геологической основой для тектонических, палеотектонических, палеогеодинамических палеогеографических, прогнозно-металлогенических карт, карт гидрогеологического и инженерно-геологического районирования.

На формационных картах изображаются отдельные формации и их части, группы формаций, выделенные по вещественному составу или строению; ассоциации (комплексы) формаций. Степень обобщения формационных подразделений зависит от масштаба карты, степени изученности разреза, задач исследования.

Табличное изображение формаций. При описании слоистых толщ (осадочных, вулканогенных) и выделении в разрезе геологических формаций их документацию удобно отображать в виде таблицы - матрицы. Вертикальные графы таблицы соответствуют числу разностей пород, наблюдаемых в разрезе. Последовательно описывая разрез слой за слоем, против № слоя записывается его мощность в соответствующей вертикальной колонке. Предварительно в полевом журнале дается развернутая характеристика разностей пород.

Предлагается следующая форма таблицы. Вертикальные графы слева направо: № обнажения, индекс стратиграфического подразделения, № слоя, мощности слоев разностей горных пород (А, Б, В, Г, Д и т.д. по числу разностей), № образца, № ритма (циклита), мощность ритма (циклита), примечание, наименование ассоциации.

Название пород в вертикальных графах следует располагать слева направо по мере уменьшения их гранулометрического состава (для обломочных), увеличения растворимости (для хемогенных) и т. д., чтобы выдерживалась определенная закономерность. Смещение записи с левой в правую часть таблицы (или наоборот) свидетельствует о существенном изменении состава толщи. Изменение значений мощностей слоев или циклитов на порядок подчеркивает смену структуры толщи. Границы ассоциаций горных пород обычно без затруднений определяются по таблице. Цифровые данные таблицы легко использовать для машинной обработки.

5.3. ГРАНИЦЫ ФОРМАЦИОННЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Границы формационных тел определяются поверхностями

ми, по которым происходит разрыв однородности свойств формации: ее состава или внутреннего строения. Проведение границ формаций представляет достаточно сложную задачу, так как смежные формации по латерали и вертикали нередко связаны постепенными переходами, поскольку смежные парагенезисы имеют общие члены. Две разновозрастные смежные формации обычно резко различаются по наборам пород в удаленных друг от друга разрезах, но при приближении точек наблюдений различия в составе могут сглаживаться за счет фациальных взаимопереходов. То же самое наблюдается при проведении стратиграфических границ. В средних частях тела смежные формации резко отличаются друг от друга, но около кровли или подошвы нередко близки по составу (или строению).

Когда происходит направленное, последовательное изменение в соотношении содержания пород - главных членов парагенетической ассоциации, приводящее к полному изменению состава самой ассоциации, мы вынуждены, отделить одну ассоциацию от другой условной границей. Невозможно обойтись без условностей при обособлении формаций в разрезе осадочной оболочки. В петрографии также условно проводятся границы между породами: известняк - глинистый известняк - мергель - известковистая глина - глина (состав), или же алевролит - песчаник - гравелит (структура).

Изучение взаимоотношений тел смежных формаций по вертикали и горизонтали позволяет выделять четыре типа границ: границы стратиграфические, фациальные, интрузивные, тектонические.

Тектонические границы, выраженные линиями разрывных нарушений, позволяют наиболее определенно разграничить смежные формации, поскольку по разрывам в соприкосновение обычно приводятся удаленные части тел смежных формаций, отчетливо различающиеся особенностями состава и внутреннего строения. В большинстве случаев это вторичные границы.

Стратиграфические границы обособляют тело формации в конкретных разрезах по вертикали. Наиболее четким ограничением являются стратиграфически несогласные контакты. Наблюдаемые на границе двух смежных формаций следы размыва облегчают восприятие формации как обособленного

геологического тела, однако границы такого типа представляют собой частный случай взаимоотношения смежных формаций. Граница, характеризующая постепенный переход между смежными формациями, является общим случаем их взаимоотношения. Предлагается проводить условные границы на основе процентного содержания пород - главных членов в смежных парагенетических ассоциациях. Например, граница между глинистой и известняковой формациями должна быть проведена там, где содержание известняков и глин в разрезе примерно равно и составляет 40 – 60%. В ряде случаев эту границу нельзя выразить одной линией и в разрезе выделяется широкая «переходная» зона.

Фациальные границы также часто невозможно провести на карте в виде одной линии, так как в условиях невысокой контрастности тектонических движений формации связаны широкими зонами взаимопроникновения. Такие взаимоотношения очень часты среди формаций в чехле платформы. Постепенная смена формаций по латерали свидетельствует о тесных парагенетических связях смежных формаций, обусловленных родством смежных структур, общей областью питания и т. д. В результате граница смежных формаций «расплывается» в широкую зону. Если ширина зоны взаимопроникновения соизмерима с величиной тел смежных сравниваемых формаций в их «чистом виде», вероятно, необходимо выделить между ними самостоятельный промежуточный парагенезис.

При проведении границ можно использовать критерии, которыми пользуются при систематике глинисто-карбонатных пород и принять следующие соотношения пород — главных членов в разных зонах смежных формаций.

Зоны формационного тела	Содержание (%) главных членов формации	
	<i>A</i>	<i>B</i>
<i>Формация A</i>		
Центральная зона	100 – 80	0 – 20
Краевая зона	80 - 60	20 - 40

<i>Формация Б</i>		
Центральная зона	40 – 20	60 – 80
Краевая зона	20 – 0	80 – 100
Граничная зона смежных формаций <i>А</i> и <i>Б</i>	60 - 40	40 – 60

Безусловно, при выделении и определении формации необходимо опираться на состав (и строение) центральной части тела симметрично построенных формаций и наиболее мощной, краевой части асимметрично построенных формаций, где особенности состава и строения выражены наиболее четко. В составе краевых частей тел симметрично построенных формаций появляются породы, характерные для смежных сопряженных формаций.

Оконтуривание формационных тел по признакам вещественного состава и строения возможно при четком определении параметров каждого типа формаций, которые, как правило, основываются на результатах изучения конкретных формаций, принимаемых за эталоны.

5.4. ПРОБЛЕМЫ ОБЪЕМА И НАИМЕНОВАНИЯ ФОРМАЦИЙ

Объем единичной формации. При выделении в разрезе земной коры геологических формаций перед исследователем всегда стоят определенные задачи, связанные с необходимостью решения на основе анализа формаций конкретных палеогеографических, палеотектонических, минерагенических задач. Этими задачами определяются номенклатура горных пород, объединяемых в единую ассоциацию – формацию. Выбор видов горных пород, для которых устанавливается парагенез, определяет стратиграфический объем толщи, выделяемой в ранге формации. Поэтому сколько бы не говорилось о том, что формации – это естественные парагенезисы горных пород, при их выделении всегда имеет место так называемый целевой подход, которым определяется объем тела единичной формации (объем парагенетической ассоциации).

В работах Н.С. Шатского, Г.Ф. Крашенинникова, Н.П. Хераскова, К.В. Боголепова, О.А. Вотаха, Ю.А. Косыгина, В.И. Драгунова, В.М. Цейслера, В.Б. Караулова и других исследователей рассматриваются вопросы соотношения природных вещественных геологических комплексов. Наиболее последовательно их иерархия отражена в терминологии

гическом справочнике, посвященном формам геологических тел /3/, где подчеркнуто, что некоторые понятия объективно существующей иерархии еще не разработаны. При оценке иерархических отношений парагенетических ассоциаций горных пород и тел, которые они слагают, возникает много вопросов. В качестве парагенетических ассоциаций осадочных горных пород могут быть выделены подразделения различного объема и ранга от многослоя флиша («элементарный наб.ор», «элементарный парагенезис») до осадочной оболочки земной коры. Последняя также представляет собой ни что иное, как парагенезис разнообразных осадочных и магматических горных пород. Ранг парагенетической ассоциации горных пород, который именуется формацией, условен. Условны объемы (ранги) парагенезисов, именуемых подформациями, надформациями.

Необходимость четкой иерархии среди формационных подразделений вряд ли вызывает сомнение. Каждая ассоциация горных пород находится в тесной связи с другими, смежными ассоциациями, объединяет ассоциации более низкого и входит в состав ассоциаций более высокого ранга. Для того чтобы разобраться в генетической природе любой ассоциации пород, необходимо найти ее место в цепочке связанных с ней по латерали и вертикали ассоциаций того же ранга и определить этот ранг. Безусловно, сравнительный анализ двух ассоциаций будет продуктивен в том случае, если они обе занимают одинаковое положение на иерархической лестнице как два объекта, сравнимые по масштабу. Не имеет особого значения, какому иерархическому уровню будет присвоено наименование «формация», какому — «подформация», «надформация», но обязательно, чтобы все исследователи соответствующие категории называли одинаково, несмотря на то, какие задачи они решают с помощью формационного анализа.

К сожалению, разные по объему и содержанию толщи обозначаются одним и тем же наименованием — «формация». Объемы толщ, называемых формациями, у Н.С. Шатского и Н.М. Страхова, В.И. Попова и Л.Б. Рухина, В.Е. Хаина и Ю.А. Косыгина, а также других исследователей — разные. Одна группа исследователей призывает в качестве формаций выделять максимально крупные сообщества горных пород,

другая – так именуется каждая литологическая пачка.

Объемы парагенетических ассоциаций, которыми оперируют исследователи при формационном анализе, не могут не различаться, поскольку с помощью формационного анализа решаются различные задачи, реконструируются разнопорядковые тектонические структуры и палеогеографические ландшафты. Целью исследования определяются размеры «кирпичика», принятого за единицу, при анализе архитектуры земной коры. Несопоставимые по своим объемам формационные категории не следует называть одинаково.

Одна из причин разновеликих объемов толщ, именуемых формациями, заключается в разном масштабе карт и профилей, на которых изображаются ассоциации горных пород. Отсутствие соответствующих терминов для наименования ассоциаций горных пород I, II, III рангов приводит к тому, что тела, выделенные на крупно- и мелкомасштабных картах, именуется также одинаково — геологическими формациями.

Следующая важная причина — неодинаковая степень изученности разреза с позиций вещественной характеристики и строения парагенезисов горных пород. Объемы толщ, выделяемых в роли единичных парагенезисов, резко возрастают, когда это делается на основе общих описаний без специальных исследований.

Не менее важная причина разновеликих объемов заключается в определении формаций, которые принято считать классическими, например: «Осадочными формациями называются естественные комплексы (сообщества, ассоциации) горных пород, отдельные части которых (породы, слои, отложения) парагенетически связаны друг с другом...» /36/. Ссылаясь на данное определение, исследователь имеет основание в качестве формации выделить и ассоциации пород, и свит, и отложений.

Проблема единичной формации решается на основе выбора исходной номенклатуры горных пород, группируемых в устойчивые парагенетические ассоциации. Объем парагенезиса зависит от различаемых типов пород. Например, если при обособлении парагенезисов в разрезе палеогена Средиземноморья в качестве исходных (формациеобразующих) пород принимать «мшанково-криноидные известняки», стратиграфический объем толщи – единичной формации будет соот-

ветствовать нижнему палеоцену, при исходной породе «известняк» — стратиграфический объем толщи увеличится вдвое, а при наименовании — «карбонатная порода» объем будет соответствовать всему палеоцену и верхнему мелу.

Таким образом, когда исследователь ограничивался обобщенной характеристикой состава и строения парагенезиса, в роли формаций выступали крупные осадочные комплексы (терригенная, карбонатная «формации»). Детальное изучение этих комплексов вынуждало выделять в их строении «подформации», «субформации» (Л.Б. Рухин, В.Е. Хаин и многие другие). Большинство крупных осадочных комплексов не могут служить индикаторами палеогеографической обстановки, а также отдельных структурных форм. Индикаторами тектонического режима при этом выступают те толщи, что именуется «подформациями».

Для того чтобы парагенезис (толща) мог служить одновременно индикатором тектонического режима, характеризующего ту или иную структурную форму, индикатором палеогеографической обстановки осадконакопления, иметь прогностическое содержание, в парагенезис должны объединяться породы, накопление которых возможно в относительно узких пределах изменения палеогеографической обстановки. Это значит, что парагенезисы по своему объему должны быть небольшими. В конкретных регионах это толщи близкие по объему к свитам, о чем уже говорилось ранее. Именно с такими подразделениями приходится работать геологу. Они картируются как свиты, коррелируются по возрасту как стратиграфические горизонты. На основе такого типа парагенезисов осуществляется построение прогнозных карт для большинства полезных ископаемых. Вполне естественно, что именно такие по объему парагенезисы удобно рассматривать в качестве «единичных» формаций.

Анализ соответствия осадочных геологических формаций общим стратиграфическим подразделениям показывает, что геологические формации являются ассоциациями горных пород, накопившихся в интервале времени 3 — 12 млн. лет. В хорошо изученных районах возрастной диапазон формаций отвечает интервалу от подъяруса до отдела (редко) международной стратиграфической шкалы.

Если перед исследователем стоят задачи, требующие ре-

шения глобальных проблем, он будет оперировать в качестве «единицы» ассоциациями формаций разных рангов.

Наименование формаций. В настоящее время актуальна проблема наименования формаций. Известные из литературы наименования: флишевая, аспидная, молассовая, спилито-кератофировая, известняковая, терригенная и многие другие невозможно использовать по той причине, что они обозначают очень крупные осадочные (осадочно-вулканогенные) комплексы. Эти комплексы выделены по разным признакам. Флишевая «формация» объединяет толщи с характерной тонкой флишевой ритмичностью. Флишевые толщи нередко существенно отличаются по вещественному составу (карбонатные, терригенные, вулканогенно-терригенные). К аспидной «формации» относят глинисто-песчаниковые толщи, иногда претерпевшие слабый метаморфизм, содержащие прослой основных вулканитов, существенно отличающиеся строением, но залегающие в основании разреза тектоно-седиментационного цикла. Молассовая «формация» также объединяет различные по составу толщи, в существенной мере грубообломочные, заполнившие отрицательные структуры орогенных областей. Некоторые видят в них обязательно континентальные образования. Таким образом, известные термины относятся к ассоциациям формаций, выделенным по разным признакам.

Конкретные единичные формации обычно именуют перечислением пород, входящих в парагенезис, в порядке возрастания их значимости, отмечая при этом структуру парагенезиса и какие-либо еще характерные признаки. Например, «мелкообломочная кварц-каолинитовая тонкослоистая пестроцветная» или «крупнообломочная полимиктовая грубослоистая красноцветная». При этом в название вводятся основные – ведущие члены парагенезиса. Названия нередко получаются очень громоздкими, особенно если парагенезис включает несколько типов пород, с приблизительно равным содержанием в разрезе. Подобных громоздких определений вещественных категорий не избежать до тех пор, пока не будет разработана необходимая терминология.

Попытки использования сокращенных буквенных /14/ и буквенно-цифровых /37/ обозначений для выражения состава, строения и названия формаций признания не получили.

С целью упрощения вероятно следует принять предложение об использовании региональных эталонов для наименования типов формаций. Например, говоря об «известняковой формации белгородского типа» мы подразумеваем толщу, сложенную преимущественно пясчистым мелом с отдельными прослоями кварц-глауконитовых песков, мергелей, с включениями желваковых фосфоритов, грубослоистую. Под «известняковой формацией туапсинского (новороссийского) типа» подразумевается мощная толща мелоподобных известняков, мергелей с флишевой ритмичностью.

Аналогичным образом получают наименование все типы формаций по опорным регионам, где они впервые наиболее подробно изучены и их характеристики могут быть приняты как типовые.

ГЛАВА 6. КЛАССИФИКАЦИИ И СИСТЕМАТИКА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

6.1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИЙ

Классификация формаций — это группирование геологических формаций на основе одного или нескольких признаков. Проблема классификации геологических формаций рассматривалась в работах многих исследователей. Особенно подробно эти вопросы освещены в работах В. И. Попова и в терминологическом справочнике.

Вслед за В.И.Поповым, следует выделять два типа классификаций: местные (региональные) и общие. В роли местных классификаций могут рассматриваться легенды карт геологических формаций отдельных регионов, в которых формации каким-то образом группируются. В форме местной классификации выступают ряды формаций любого региона, если на них обозначена принадлежность формаций к тектоническим циклам, этапам циклов и т.д.

Общие классификации претендуют на универсальное применение в любом регионе. В основу группирования формаций в общих классификациях могут быть положены различные признаки. Главными являются:

- 1) вещественный состав формаций;

- 2) внутреннее сложение формаций;
- 3) наличие определенных полезных ископаемых;
- 4) палеогеографическая обстановка накопления;
- 5) структурное положение формаций;
- 6) геоморфологическая приуроченность формаций;
- 7) положение в разрезе относительно общепланетарных тектонических циклов;
- 8) стратиграфическая приуроченность формаций.

Два первых признака учитывают существенные внутренние характеристики формаций. Третий признак односторонне характеризует состав формации. Остальные признаки отражают связи формаций с внешними факторами.

По поводу первых двух признаков Н.П. Херасков /33/ писал, что горные породы характеризуются и систематизируются на основе их минерального состава и строения (структуры и текстуры), и формации должны характеризоваться и систематизироваться по признакам состава и строения. В основе естественной классификации формаций представляется, необходимым использовать признаки, на которых базируется выделение самих формаций. Классификации, учитывающие состав и строение формаций, позволяют создать основу для их систематического монографического описания.

Классификации, основанные на группировании формаций по любым другим признакам, являются целевыми. Они способствуют решению задач формационного анализа — выявлению тектонических структур, палеогеографической обстановки и палеоклиматической зональности, оценке перспектив района на отдельные виды полезных ископаемых и проч.

Например, классификация с выделением групп: ледовых, аридных и гумидных формаций (Н.М. Страхов) позволяет реконструировать палеоклиматическую зональность. Группирование формаций на геосинклинальные, платформенные и орогенные (Н.П. Херасков) служит обоснованием тектонического районирования. Классификация, учитывающая их вертикальную последовательность, позволяет судить о стадийности развития тектонических структур (В.В. Белоусов, В.Е. Хаин).

С примерами различных типов классификаций формаций можно познакомиться в терминологическом справочнике /4/. Большая часть этих классификаций имеет служебное значе-

ние и призвана способствовать решению того или иного вопроса на основе анализа пространственного и временного размещения геологических формаций в разрезе земной коры.

Вопрос о предпочтительности той или иной классификации формаций не может быть решен однозначно, так как большинство классификаций имеет целевую направленность. Необходимо, чтобы каждая классификация была логически выдержанной по определенному признаку. Смещение признаков при классифицировании формаций недопустимо. Рассмотрим некоторые используемые варианты классификаций.

6.2. ТЕКТОНИЧЕСКИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ФОРМАЦИЙ

Выделение платформенных, геосинклинальных, орогенных групп формаций (Н.С. Шатский, Н.П. Херасков), разделение указанных групп в зависимости от составляющих их типов структур (М.В. Муратов и В.М. Цейслер, Э.Н. Янов и Н.С. Малич и др.) создают возможность типизировать структурные формы земной коры по их вещественному наполнению, осуществлять тектоническое районирование, выделять этапы в истории развития тектонических структур. Недостатком этих классификаций является определенная условность самих тектонических понятий: геосинклинальный прогиб, геоантиклинальное поднятие, эвгеосинклиналь и миогеосинклиналь и т. д. Смена тектонических концепций, изменение тектонической терминологии ведут к полной перестройке подобных классификаций.

Одну из наиболее ранних тектонических классификаций разработал В.В. Белоусов, разделив формации на платформенные и геосинклинальные и показав смену формаций на протяжении одного тектонического цикла. В уточненном и дополненном варианте на этом же принципе была разработана классификация В.Е. Хаиным /32/. Классификации отражают модель классических представлений о геосинклинальном развитии структур земной коры в ходе одного тектонического цикла. Цикл начинается прогибанием, которое последовательно сменяется дифференцированным поднятием и завершается общим орогенезом. Соответственно, началу цикла на платформе отвечает «нижняя терригенная формация» середине — «карбонатная», окончанию — «верхняя терригенная формация». В геосинклинальной области начало цикла свя-

зывают с «аспидной, спилито-кератофировой» формациями, середину – с карбонатными, флишевыми, окончание – с «шлировой и молассовой».

Эти классификации схематизируют реальную последовательность формации в различных областях. Смена ассоциации терригенных формаций карбонатными и вновь терригенными соответствует последовательности групп формаций в морских бассейнах, примыкавших к крупным участкам материковой суши (Урал, Кавказ). С удалением от материковой суши эта последовательность нарушается. Она также не выдерживается в бореальных бассейнах, где карбонатные отложения могут вообще отсутствовать.

Классификация в дополненном виде нередко используется до настоящего времени, однако смена геосинклинальной тектонической парадигмы на плейттектоническую привела к тому, что она потеряла свое значение, а В.Е. Хаин вместо формаций предложил выделять «литодинамические комплексы» как индикаторы границ литосферных плит.

В настоящее время создаются тектонические классификации, основанные на модели тектоники литосферных плит. В результате формации объединяются в формационные геодинамические комплексы, соответствующие современным морфоструктурам морского и океанического дна. Это классификации В.М. Немцовича /18/ и А.И. Бурдэ /2/.

В. М. Немцович осадочные, осадочно-вулканогенные, а также плутонические формации разделил на несколько групп, соответствующих структурным элементам земной коры: зонам континентального рифтогенеза, включающим межконтинентальную и внутриконтинентальную подгруппы; платформенным областям с формациями платформенного покрова и фундамента платформ; складчатым областям с формациями орогенных зон (межгорных и предгорных впадин), миогеосинклиналей (дислоцированный комплекс пассивных окраин), мезогеосинклиналей (дислоцированный комплекс активных окраин и островных дуг), эвгеосинклиналей (дислоцированный комплекс океанов и окраинных морей); зонам переходного типа (транзиталей) с формациями окраинных морей, активной окраины континента андийского типа, пассивной окраины континента; океаническим областям — океанических плит и срединно-океанических хребтов.

Близкую по содержанию, но несколько более развернутую классификацию, отражающую приуроченность осадочных и осадочно-вулканогенных формаций к главным морфоструктурам дна морей и океанов, окраин континентов, предложил А.И. Бурдэ. Осадочные и осадочно-вулканогенные формации в классификации им сгруппированы также по расположению морфоструктур дна в высоких, умеренных и низких широтах. Шельфовые формации дифференцированы в зависимости от влияния речных систем и рельефа побережий. Такого типа классификации формаций служат вполне определенной цели — реконструкции палеоморфоструктур и свойственных им палеогеодинамических обстановок.

Следует иметь в виду, что небольшая часть ныне известных геологических формаций может служить надежными индикаторами палеогеографической и палеотектонической обстановок. Однотипные формации встречаются в геосинклинальных областях и на платформах, в орогенных и геосинклинальных структурах. Это, так называемые, *конвергентные* формации. Если же рассматривать конкретную конвергентную формацию в парагенезисе, в совокупности с окружающими ее формациями, установить ее структурную принадлежность, как правило, удается.

6.3. ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КЛАССИФИКАЦИИ ФОРМАЦИЙ

Обстановки накопления формаций являются основой, на которой строятся их классификации по генезису. Осадочные формации рассматриваются как совокупности генетических типов отложений. В соответствии с этим выделяются группы формаций: континентальные (субаэральные и субаквальные) и морские (шельфовые, батинальные, абиссальные) (Н.В. Логвиненко); аридные, гумидные, ледовые (Н.М. Страхов и др.). В генетических классификациях (В.И. Попов, Н.М. Страхов) обычно отражено несколько признаков: положение области осадконакопления относительно береговой линии морского бассейна и рельеф области осадконакопления (геоморфологические факторы) и климат. Иногда такие классификации учитывают только различия в климате (В.М. Сеницын).

6.4. ВЕЩЕСТВЕННЫЕ И СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫЕ КЛАССИФИКАЦИИ ФОРМАЦИЙ

При наиболее общем группировании выделяют осадочные (и вулканогенно-осадочные), магматические, метаморфические и пневмато-гидротермальные. В этой наиболее общей классификации главное значение имеет генетический признак, выраженный в соответствующих структурах горных пород. В дальнейшем осадочные формации целесообразно разделять по группам формациеобразующих пород на алюмосиликатные (обломочные, глинистые), карбонатные, сульфатно-хлоридные, кремнистые, а также смешанные /35/.

Магматические формации в зависимости от кислотности и щелочности магматического расплава разделяются на ультрабазитовые (ультрамафические), базитовые (мафические), среднего состава (мафическо-салические) и кислого состава (салические). В каждой группе, выделенной на основе кислотности, выделяются подгруппы разной щелочности. В зависимости от условий остывания магматического расплава формации делят на плутонические и вулканические.

Вещественный состав метаморфических формаций зависит от состава исходных пород и степени их преобразования, т.е. от «фаций» метаморфизма, являющихся основными классификационными признаками группирования метаморфических комплексов.

Разрабатываются классификации отдельных групп осадочных формаций: карбонатных (И.К. Корольюк), алюмосиликатных (В.Н. Шванов), кремнистых (И.В. Хворова), но целостная многогранная классификация осадочных формаций в зависимости от их состава и строения не создана. Полнее разработана общая классификация магматических формаций (Ю.А. Кузнецов, А.Ф. Белоусов, коллектив ВСЕГЕИ и др.).

Анализ строения геологических формаций открывает большие возможности для их классификации /27/. В настоящее время обычно противопоставляют тонкослоистые ритмичные (флишевые) формации всем «нефлишевым». Иногда выделяются как особый тип флишеидные формации, а также ритмично-среднеслоистые толщи — параллические угленосные. По направленности изменения вещественного состава противопоставляют формации трансгрессивного и регрессивного строений.

Проблема классификации формаций по их внутреннему строению требует особого внимания. Ее решение возможно на основе статистического анализа показателей структуры формаций с помощью машинной обработки материалов. Формации могут и должны классифицироваться по характеру слоистости, типу ритмичности, степени выдержанности основных характеристик строения разреза — устойчивые, неустойчивые и т.д. Как важный объективный показатель могут быть использованы числовые коэффициенты. Наиболее простой из них — коэффициент флишоидности — число ритмов на 10 м. Этот коэффициент возрастает при увеличении числа флишевых ритмов на условную единицу разреза. Характерным показателем является также коэффициент выдержанности мощностей одного ритма. Его легко получить как отношение разности максимальной и минимальной мощности ритма к средней мощности всех ритмов на 10 метров разреза. Возможности для количественного выражения показателей структуры толщи и классификации формаций на этой основе очень большие.

В вещественном составе формаций наиболее полно отражена палеогеографическая обстановка, климат, исходное вещество (петрофонд). Структура формаций отчетливо характеризует тектонический режим. Близкие по составу «нижняя» и «верхняя» терригенные формации (по В.В. Белоусову) различаются по структуре: нижняя характеризуется трансгрессивным строением разреза, так как начинается осадочный мегаритм, верхняя — регрессивным, так как его завершает. Внутреннее сложение формационных залежей резко отличают формации, накопившиеся в обстановках платформенного и геосинклинального режимов. В классификациях формаций, основанных на группировании по веществу и строению, заложен большой объем информации о палеогеографии, климате, тектоническом режиме.

Многопорядковость (многограновость) классификационных признаков приводит к большому числу возможных вариантов классификаций. Все классификации обычно многограновые. Многограновой будет классификация формаций, основанная на структурно-геоморфологическом принципе, так как существует большой спектр разноранговых структур от мегаокеанов до мелких конседиментационных прогибов.

Авторы классификаций, как правило, пытаются создать всеобъемлющий вариант комплексной классификации. Вариантов классификаций может быть бесчисленное множество

6.5. ПРИНЦИПЫ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ФОРМАЦИЙ

Многообразие существующих целевых классификаций геологических формаций (комплексов формаций) не снимает необходимости создания единой систематики (систематической классификации) формаций, основанной на их разделении в зависимости от признаков вещества и строения. По мнению В.И. Драгунова, такая систематика может быть сходна с систематикой, используемой в палеонтологии. В ней должны быть предусмотрены различные иерархические группы: типы, классы, отряды, семейства, роды, виды. Если встать на эти позиции, в роли объекта — «индивидуума» формации выступает географический и возрастной вариант породной ассоциации со всеми присущими ему индивидуальными особенностями (конкретная формация, по Н.П. Хераскову). Множество «индивидуумов» одинакового состава и строения образуют вид (абстрактная формация, по Н.П. Хераскову, или «типовая формация»). Таким образом, состав и строение вещества являются видовыми признаками. Состав породообразующего вещества позволяет сгруппировать формации в какие-то более крупные, «родовые» группы. Для ассоциаций терригенных пород это будет минеральный состав формациеобразующих пород (аркозы, граувакки), для биогенных — состав породообразующих организмов и т. д. Структурная характеристика формациеобразующих пород (пелитовые, мелкообломочные, грубообломочные, цельнораковинные и т. д.) может явиться признаком более крупной группы — «семейства» формаций. Структура вещества, обусловленная его генезисом (глинистые породы, обломочные, хемогенные, органогенные) — признак, позволяющий выделять группы формаций в ранге «отряда». Геохимическая характеристика формациеобразующих пород позволяет выделить группы в ранге «класса» формаций (алюмосиликатные, карбонатные, железистые, сульфатно-хлоридные и т. д.). Как «типы» выделяются группы осадочных, магматических, метаморфических и пневмато-гидротермальных формаций.

Признаки, использованные при группировании формаций в систематические таксоны, можно представить следующим образом: индивид — минеральный состав пород и сложение толщи в конкретной обстановке; вид — тот же минеральный состав и сложение, вне зависимости от возраста и местоположения толщи; род — минеральный (вещественный) состав толщи; семейство — структурная характеристика пород толщи; отряд — способ концентрации вещества; класс — геохимическая характеристика пород толщи.

Например, угленосная линзовиднослоистая кварцево-каолиновая формация нижнего карбона Подмосковья относится к виду линзовиднослоистых ритмичных, к родовой группе — кварцево-каолиновой, к семейству — смешанных мелкообломочно-пелитовых, отряду — терригенных обломочных, классу — алюмосиликатных, типу — осадочных.

Для типа магматических формаций индивидуальные, видовые и родовые признаки аналогичны признакам осадочных формаций (вещество, структура); признак семейства — структура пород, определяющая их глубинность; отряда — характер щелочности; класса — степень кислотности.

По-видимому, в настоящее время сложно достигнуть того, чтобы исследователи обязательно выделяли и различали виды, роды, семейства, отряды, классы формаций, однако необходимо иметь в виду, что группы формаций, выделяемые по разным признакам, являются разноранговыми. Необходимость создания систематической классификации формаций определяется задачей их общего систематического описания — создания базы данных по всем формациям, а также ранговым подходом при их сравнительном анализе.

ГЛАВА 7. ГЛАВНЕЙШИЕ ТИПЫ ОСАДОЧНЫХ ФОРМАЦИЙ

Осадочные горные породы слагают около 75% площади поверхности суши, образуя тонкий приповерхностный слой коры. Мощность осадочного слоя изменяется от 0 на щитах до 18 - 20 км в крупных прогибах платформенного или орогенного типа. По Ф. Дж. Петгиджону /22/, три главных типа пород: песчаники, глинистые сланцы и известняки состав-

ляют 95% объема осадочного слоя. При этом песчаникам и глинам отводится 80 - 85%, — известнякам 18 - 22%. В пределах подвижных поясов возрастает роль песчаников и глин; вулканические осадки заполняют геосинклинали на 25%; наиболее высоким содержанием карбонатных пород характеризуются платформы. Не следует забывать, что различные осадочные породы перекрывают чехлом область Мирового океана, занимающего более двух третей площади поверхности Земли.

Систематическое описание осадочных формаций имеется в работах Л.Б. Рухина, В.Е. Хаина, В.И. Попова, Э.Н. Янова. В качестве формаций ими охарактеризованы крупные осадочные комплексы, сгруппированные по тектоническому принципу.

Ниже приведена краткая характеристика некоторых ассоциаций горных пород, наиболее распространенных на платформах и в подвижных поясах. В основу описания положена систематическая классификация формаций по формациеобразующим породам.

7.1. АЛЮМОСИЛИКАТНЫЕ ФОРМАЦИИ

Алюмосиликатные формации включают толщи, сложенные обломочными и глинистыми породами. Поскольку глинистые минералы нередко имеют аутигенное происхождение, понятия «алюмосиликатные» и «терригенные» не являются синонимами, но, говоря о терригенных формациях, подразумеваются формации алюмосиликатного состава.

Алюмосиликатные формации являются главенствующими среди остальных типов осадочных толщ на протяжении всей истории Земли. Они возникали в ходе преобразования первичных пород литосферы при их взаимодействии с атмосферой и гидросферой.

Алюмосиликатные формации имеют важное практическое значение. Слагающие их породы используются как естественные строительные и облицовочные материалы, огнеупорное сырье. Месторождения каменных, бурых углей, горючих сланцев, нефти и газа, бокситов, россыпные месторождения драгоценных металлов, желваковых фосфоритов, пресных и минерализованных вод — далеко не полный перечень их рудоносности.

По преобладающим типам пород, слагающих толщи, среди класса алюмосиликатных формаций на уровне отрядов выделяются группы грубообломочных, мелкообломочных, глинистых и смешанных формаций.

Грубообломочные (псефитовые) формации. Толщи, сложенные преимущественно конгломератами, гравелитами и грубозернистыми песчаниками, пользуются широким распространением в разрезах платформ и складчатых областей от архея по кайнозой включительно.

По данным В.Г. Чернова (1980), относительные «пики» псефитообразования соответствуют венду (13%), позднему кембрию-раннему ордовика (до 15%), раннему девону (до 30%), среднему карбону (25%), поздней перми (21%), позднему триасу (13%), отдельным моментам ранней (27%), средней (35%) и поздней (19%) юры, баррему (11%), эоцену (21%), раннему миоцену (20%), среднему плиоцену (37%). В ходе эволюции возрастает роль грубообломочных пород пролювиального и аллювиального происхождения с их максимумом в кайнозое. В древних толщах более широко развиты грубообломочные серии морского происхождения.

Конгломератовые серии венда развиты в Прибайкалье и Присаянье, кембрия-ордовика — в Кузнецко-Саянской области, девона — в Казахстане и в Северном Тянь-Шане, карбона-перми — в Приуралье, юры — в Забайкалье, кайнозоя — в Предкарпатье, в Тянь-Шане, в Альпах, где они участвуют в строении орогенных впадин. Таким образом, появление и наиболее широкое распространение грубообломочных толщ совпадает с орогенными эпохами в соответствующих областях. Появление грубообломочных формаций в разрезе свидетельствует о проявлении тектонической активизации, а поэтому большинство грубообломочных формаций следует относить к категории моласс — продуктам разрушения растущих горных поднятий.

Нередко грубообломочные формации соответствуют нижней части разреза тектоно-седиментационных ритмов («базальные конгломераты»). В небольших отрицательных структурах, грубообломочные формации, завершающие ритм и начинающие следующий, более молодой, могут представлять единую толщу, состав и строение которой сходны в подошве и кровле, что затрудняет ее разделение.

Грубообломочные формации обычно примыкают к областям размыва и по латерали замещаются мелкообломочными или смешанными глинисто-обломочными, известняково-обломочными формациями. В связи с этим преобладающие формы залежей — клиновидные, веерообразные, реже — линзовидные. Строение тел асимметричное. Мощности формаций изменяются от нескольких десятков метров до первых километров и находятся в прямой зависимости от гранулометрической характеристики пород.

Главными членами ассоциаций являются конгломераты, гравелиты, грубозернистые песчаники. В качестве второстепенных членов могут присутствовать паттумы, мелкозернистые песчаники и алевролиты, глины, глыбники, биогенные известняки. Состав грубообломочных формаций тесно связан с составом пород размываемой суши. Наиболее широко распространены полимиктовые грубообломочные формации, но среди формаций морского генезиса нередки олигомиктовые кварцевые грубообломочные.

Внутреннее строение грубообломочных формаций обычно толсто-, грубослоистое, ритмичное, линзовидно-слоистое. Формации содержат многочисленные поверхности размывов. Вблизи конседиментационных антиклиналей проявляются внутриформационные угловые несогласия. Каждый ритм отделен от подстилающего поверхностью размыва. В сторону внешнего края формационных залежей, по мере уменьшения гранулометрии пород, ритмичность более отчетливая. Одновременно возрастает содержание пород «чуждых» формации, второстепенных членов, присущих смежным формациям. Характерно, что от внутреннего (примыкающего к области сноса) края формационного тела к его внешней части может изменяться цвет пород формации. Например, сероцветная окраска грубообломочных неогеновых моласс в Придарвазье сменяется пестро- и красноцветной в Афгано-Таджикской впадине при увеличении содержания мелкообломочных и глинистых пород.

Грубообломочные формации накапливаются вблизи горной суши. Генетически они образованы пролювиальными, аллювиальными, озерными и прибрежно-морскими отложениями. Изучение состава грубообломочных формаций имеет первостепенное значение для палеогеографических и палео-

тектонических реконструкций.

Среди грубообломочных формаций выделяются две группы на уровне «рода»: полимиктовые и моно-, олигомиктовые. Группа полимиктовых формаций развита в разрезе орогенных комплексов складчатых областей, выполняющая межгорные и краевые прогибы, наложенные впадины. Типичными представителями этой группы формаций являются: неогеновые конгломератовые серии Предкарпатья, Предальп, сакмарско-артинская конгломератовая толща Предуральяского прогиба, юрские битакские конгломераты Крыма, девонские грубообломочные красноцветные толщи Казахстана, неогеновые конгломераты Дарваза и др.

Группа моно-, олигомиктовых грубообломочных формаций более характерна, для древних платформ, срединных массивов. Она широко развита в составе докембрийских отложений протоплатформенных чехлов вместе с кварцитовыми и железисто-кварцитовыми сериями. С грубообломочными формациями полимиктового и моно-, олигомиктового состава связаны крупные месторождения золота, урана.

Мелкообломочные (песчаниковые и песчаниково-алевролитовые) формации. Пользуются широким распространением в разрезе осадочного слоя земной коры. На платформах они начинают и завершают крупные седиментационные мегаритмы, сложенные в середине комплексом глинистых и карбонатных формаций, в геосинклинальных областях оконтуривают зоны поднятий, в орогенных — вместе с грубообломочными формациями составляют молассы, выполняющие межгорные впадины и краевые прогибы.

Песчаниково-алевролитовые формации различаются по составу и строению. Среди них встречаются формации тонкоритмичного флишевого строения (песчаниково-алевролитовый флиш Туркестанского хребта) и грубослоистые толщи глауконитово-кварцевых песчаников альба — сеномана Мангышлака, Северо-Западного Кавказа; толщи косослоистых протерозойских красных и розовых кварцитов Прионежья, Башкирского антиклинория Урала; полимиктовые песчаники и алевролиты неокома юго-востока Средней Азии и др. Мелкообломочные формации были распространены в различных структурных зонах на всех исторических этапах эволюции Земли.

Главными членами парагенезов этой группы формаций являются различные по минеральному составу песчаники и алевролиты. Второстепенными членами могут быть глины, паттумы, мергели, хемо- и биогенные известняки, железистые породы, трепелы и опоки, фосфориты, угли, гипсы и др. Накопление формаций происходит в различных обстановках: от субаэральных эоловых, речных дельтовых и озерных до морских относительно глубоководных во внешней части шельфа и в подножие континентального склона, в зонах выноса крупных речных систем.

Морфологическая характеристика формационных тел: от шнуroidной и лентообразной линзовидной до плащеобразной. Существенно меняются мощности формаций — от первых десятков до сотен метров и первых километров.

По латерали песчаниково-алевролитовые формации замещаются грубообломочными, глинистыми, смешанными — песчаниково-глинистыми, песчаниково-карбонатными, сульфатно-галогенными и другими формациями.

Минеральный состав обломочного материала позволяет выделить три родовые группы формаций: кварцевые, аркозовые, граувакковые. Они характеризуют степень «зрелости» обломков — степень химического разложения первичных силикатов, что представляет важный показатель при палеогеографических и палеотектонических реконструкциях.

Форма нахождения железа, определяющая цвет толщ, нередко имеет большой генетический смысл. Этот показатель позволяет выделять группы на уровне подсемейств — сероцветные, пестроцветные и красноцветные мелкообломочные формации.

Мелкообломочные *кварцевые* формации типичны для платформ. Они образовались за счет размыва и переотложения материала кор выветривания. В процессе транспортировки материала из него удаляется глинистая составляющая и он оказывается обогащенным устойчивыми к разрушениям минералами титана, циркония, алмазами, золотом и т.д.

Мелкообломочные кварцевые формации вместе с олигомиктовыми (полевошпат-кварцевыми) нередко именуют (по Б.М. Келлеру) фаллаховыми формациями, образовавшимися за счет размыва кристаллических пород фундамента платформ. Формируясь в условиях теплого гумидного климата,

спокойной тектонической обстановки, эти формации являются надежным индикатором платформенного режима.

Кварцевые мелкообломочные формации особенно широко распространены в разрезе докембрия. А.А. Константиновский, проанализировав стратиграфическую приуроченность кварцево-песчаниковых формаций, выделил несколько эпох их широкого распространения. К подобным формациям относятся нижние свиты криворожской и курской серий в парагенезисе с формациями железистых кварцитов, углеродистых филлитов и др. К этой же группе формаций относятся толщи овручских, шокшинских, петрозаводских песчаников на Украинском и Балтийском щитах.

Рифейские песчаниково-кварцевые формации (мукунская, гонамская свиты на Сибирской платформе, зильмердакская — на Урале, иотний — на Балтийском щите) характеризуются красноцветной окраской, наличием в цементе песчаников лимонита, тесной парагенетической связью с углеродисто-сланцевыми, песчаниково-глинистыми (сланцевыми), терригенно-карбонатными толщами.

В разрезе фанерозойского чехла Восточно-Европейской платформы к мелкообломочным сероцветным кварцевым формациям относятся: толща гдовских песчаников венда, ижорские (тискреские) песчаники кембрия, песчаниковые толщи волжского яруса, палеогена, неогена Украины. Песчаники и алевролиты кварцевые и глауконит-кварцевые. Нередко в разрезе присутствуют глинистые пачки.

Мелкообломочные кварцевые формации парагенетически тесно связаны с формацией каолиновых глин, нередко образуя в зонах смыкания кварцево-каолиновые формации. В некоторых случаях отмечается парагенезис с трахириолитовыми и трахибазальтовыми формациями.

Обломочный материал *аркозовых* мелкообломочных формаций обладает меньшей степенью «зрелости». По сравнению с чисто кварцевыми они распространены меньше; нередко выделяются аркозово-кварцевые формации. По тектонической приуроченности общей характеристики они мало отличаются от чисто кварцевых.

В геосинклинальных и орогенных комплексах складчатых областей, в чехлах молодых платформ на уровнях, отвечающих эпохам тектонической активизации, распространены

мелкообломочные *полимиктовые* и *граувакковые* формации.

Полимиктовыми формациями образованы верхнепермские серии Северного Приуралья, неокомские красноватые формации юго-востока Туранской плиты. Ферганской впадины. Характерно, что с граувакковыми формациями в парагенетических взаимоотношениях находятся глинистые гидрослюдистые, монтмориллонитовые, а также различные типы формаций смешанного осадочного и осадочно-вулканогенного составов.

Разнообразие форм и внутренней структуры залежей определяется различиями в морфологии конседиментационных структур, палеогеографической обстановки накопления, тектоническом режиме. Удаленные части шлейфов конусов выноса, подводные и надводные дельты, пляж и шельф, эоловые равнины — это небольшой перечень обстановок накопления алевро-песчаных толщ соответствующего минералогического состава.

Глинистые формации. Группа глинистых (глинисто-сланцевых) формаций пользуется весьма широким распространением на платформах и в складчатых областях. Глинистые формации образуют средние части крупных тектоноседиментационных ритмов, формировавшихся в бассейнах высоких широт. Они могут присутствовать в разрезе нижних и верхних частей мегаритмов в бассейнах низких широт. По латерали их замещают различные типы мелкообломочных, карбонатных, кремнистых формаций.

Выраженные толщами глинистых пород (глины, аргиллиты, глинистые сланцы) глинистые формации всегда в том или ином количестве содержат прослой или включения песчаников и алевролитов, мергелей, известняков, кремнистых пород, туфов, гипсов. Нередко они существенно обогащены органическим веществом, образуя углеродисто-глинистые формации — так называемые «черносланцевые толщи» в складчатых палеозойских областях.

В чехле Восточно-Европейской платформы глинистые формации известны в разрезе венда (ламинаритовые глины), нижнего кембрия (онтовасская свита), нижнего ордовика (диктионемовые сланцы), силура, верхней юры, эоцена, олигоцен-миоцена, плиоцена. В разрезе мезозойских и кайнозойских отложений альпийской складчатой области юга

бывшего СССР глинистые формации известны в аалене, баткелловее, нижнем мелу, нижнем эоцене, олигоцене. Широким распространением пользуются глинистые формации в разрезе палеогена юго-востока Средней Азии (сузакские, туркестанско-ханабадские слои Афгано-Таджикской впадины), в Восточных Карпатах. Типичным представителем этой группы формаций являются оксфордско-нижневолжские глины в Подмосковье. Областью, где глинистые формации распространены широко, является Западно-Сибирская плита.

Разнообразна форма залежей глинистых формаций: от серповидной, лентовидной до амебообразной. Мощности формаций измеряются обычно десятками и сотнями метров. Внутреннее строение формации определяется изменением минерального состава глин по разрезу, наличием прослоев второстепенных членов. Иногда это неслоистые толщи массивного сложения, но чаще слоистость подчеркивается желваковыми включениями мергелей, глинистых сидеритов, фосфоритов, линзочками обломочного материала. В ряде случаев тончайшая алевритовая примесь, прослойки алевролитов, органическое вещество обуславливают тонкую слоистость и даже листоватость.

Глинистые формации, вероятно, целесообразно делить на три группы (подсемейства): 1) темноцветные, богатые органическим веществом; 2) светлые, бедные органическим веществом и неокрашенные гидроокислами железа; 3) красноцветные. Таким образом, наряду с содержанием гидроокислов железа для систематизации глинистых формаций предлагается использовать, как показатель, содержание рассеянного органического вещества. Указанные критерии в совокупности с другими позволяют провести границы между глинистыми толщами разного происхождения.

Для глинистых формаций также важным показателем является их карбонатность, позволяющая разделить глинистые формации на две группы: карбонатные и бескарбонатные. Карбонатные и бескарбонатные глинистые формации известны среди групп красноцветных, светлых. Темноцветные высокоуглеродистые формации по преимуществу бескарбонатны.

Важным признаком, позволяющим систематизировать глинистые формации, является минеральный состав глини-

стых минералов, в зависимости от которого в качестве родовых групп выделяются формации каолиновые, гидрослюдистые, монтмориллонитовые и смешанные. Эти группы формаций, как правило, различаются по обстановкам накопления, парагенезисам с формациями, минерагении.

В целом формирование большинства глинистых формаций происходит, по-видимому, в различной обстановке: от морской глубоководной до субэвральской озерной. Нередко глинистые толщи формируются в полуизолированных как опресненных, так и осолоненных водоемах. Формации каолиновых глин обычно встречаются в ассоциации с формациями кварцевых песчаников и являются надежным индикатором платформенного режима. Толщи гидрослюдистых глин формируются в различной тектонической обстановке; толщи монтмориллонитовых глин нередко встречаются в ассоциации с кремнисто-карбонатными сериями, вулканитами.

Характерным примером группы формаций гидрослюдистых известковистых глин является келловей-оксфордская часть разреза верхней юры центральной области Западно-Сибирской плиты. В центральной части плиты формация гидрослюдистых известковистых глин образует огромное изометричное в плане тело мощностью 10–15 м. Она согласно залегает на среднеюрских толщах, трансгрессивно переходя на более древние отложения. Ее возрастной объем на площади изменяется. Повсеместно она перекрыта керогеново-гидрослюдистой формацией волжского яруса. Главными членами являются карбонатные гидрослюдистые глины, иногда аргиллитоподобные. Второстепенные члены — кварцевые алевролиты, оолитовые известняки, сидериты. В нижней части разреза отмечаются прослои песчаников. Строение формации: тонко и среднеслоистое, ритмичное. Ритмы трансгрессивные. Ритмичность наиболее четко выражена в восточной и юго-восточной частях залежи в связи с увеличением содержания песчаных прослоев. Вышележащая киммеридж-волжская гидрослюдистая формация отличается повышенным содержанием керогеновых веществ.

На востоке Русской плиты отложения волжского яруса выделяются А.В. Туровым как формация монтмориллонит-гидрослюдистых глин и сапропелитов. Она представлена несколькими, ныне разобщенными залежами Ульяновско-

Саратовского, Рязано-Костромского и Сысольского прогибов. В центральной части бывшего формационного тела в строении формации участвуют серые известковистые глины некерогеновые (68–78%), керогеновые (15%), горючие сланцы (14%) и мергели (7%). Сапропелевые горючие сланцы сосредоточены в верхней части разреза формации. Глины в разной степени алевритистые с отдельными горизонтами желваковых фосфоритов присутствуют по всему разрезу. Мергели образуют тонкие линзы и прослой мощностью около 0,2 м и до 1,0 м. Мощность слоев глин от 0,5 до 3,5 м, горючих сланцев — от первых сантиметров до 1,1 м, т.е. структура толщи неравномерно слоистая, средне- и мелко-слоистая.

Формацией монтмориллонитовых глин представлены ниже-среднемиоценовые отложения на юге Западно-Сибирской плиты (таволжанская, калкаманская свиты). Глины зеленовато-серые, темные, темно-коричневые. В качестве второстепенных членов ассоциации присутствуют серые и серо-желтые аркозовые пески, железо-марганцевые породы, гипс. Строение формации однородное, неритмичное, средне- и мелко-слоистое. Формационная залежь в плане имеет овалоподобную форму. Мощность толщи около 80 м. Условия накопления — озерные. Глинистой формацией монтмориллонитового состава представлен миоцен Кустанайской седловины (аральская свита). Это оливково-, серовато-зеленые и пестрые глины с редкими прослоями мергелей, известняков, песков, гипсов. Аналоги аральской свиты в Чуйской впадине выражены красноцветными монтмориллонитовыми глинами. Широким распространением пользуются формации монтмориллонитовых глин в разрезе эоцена Туранской плиты и Копет-Дага. Формации каолиновых глин вместе с аркозово-кварцевыми песчаниками известны в разрезе нижней-средней юры и в олигоцене Турана.

Смешанные песчаниково-глинистые (глинисто-песчаниковые) формации. Это наиболее многочисленная, разнообразная по минеральному составу и строению группа алюмосиликатного класса формаций. В бассейнах, примыкавших к материковой суше, она пользовалась наиболее широким распространением во всех типах структур и на всех этапах их развития. Особенно характерны эти формации в

бассейнах высоких широт. В разрезе мезозойско-кайнозойских отложений альпийской складчатой области юга бывшего СССР и на плитах, занятых в мезозое и палеогене окраинными морями океана Тетис, песчаниково-глинистые формации начинают и завершают седиментационные мегациклы. В структурах, тяготеющих к Бореальному бассейну и северной части Тихоокеанского, глинисто-песчаниковые формации типичны для всего сложного мезозойско-кайнозойского мегацикла (Западно-Сибирская плита, Верхояно-Чукотская область и др.).

Главные члены парагенезиса: разнообразные по минеральному составу песчаники, алевролиты, глины (аргиллиты). Соотношение обломочных и глинистых пород непостоянно. Второстепенные члены: карбонатные, кремнистые, сульфатно-галогенные, железистые, углеродистые породы. Набор второстепенных членов зависит от положения конкретной формации в теле более крупной ассоциации и от состава смежных формаций.

Присутствие пластов углей в песчаниково-глинистых формациях позволяет среди них выделить угленосные формации, наличие бокситов — бокситоносные, фосфоритов — фосфоритоносные, пластов каменной соли — соленосные (обычно красноцветные). Правильное ритмичное чередование обломочных и глинистых пород позволяет выделять терригенные флишевые и флишоидные формации. В каждом конкретном случае группирование песчаниково-глинистых формаций осуществляется по разным критериям.

Наличие тех или иных второстепенных членов ассоциации, тип чередования наборов слоев — все это важные генетические характеристики песчаниково-глинистых формаций. В этой группе формаций отчетливо проявляется асимметрия тел, связанная с их промежуточным положением в пространстве: между относительно более мощными обломочными формациями, приближенными на континенте к источникам сноса, и глинистыми формациями удаленной части терригенного приконтинентального шлейфа. В разрезе глинисто-песчаниковых формаций всегда отмечается определенная направленность изменения состава, в зависимости от положения формации в разрезе крупного седиментационного мега ритма (трансгрессивное, регрессивное, симметричное

строение). Мощности формаций и объемы их тел изменяются в широких пределах в зависимости от типа, формы и размеров конседиментационного прогиба.

Среди смешанных глинисто-песчаниковых формаций в литературе много внимания уделялось так называемой «аспидной формации», в состав которой включались терригенные толщи нижней части разреза геосинклинальных комплексов. В действительности под этим наименованием скрываются различные по составу и строению парагенетические ассоциации пород от чисто глинистых (сланцевых) до терригенных флишевых и даже песчаниковых полимиктовых.

М.Г. Ломизе описал терригенный флиш в разрезе ааленской части «аспидной формации» Большого Кавказа; терригенным флишем выражена таврическая серия Крыма, песчаный флиш описан В.Н. Швановым в «аспидной формации» ордовика-силура Туркестанского хребта. В.Н. Шванов /38/ отметил, что разрез нижнего силура сложен песчаниками (кварцево-аркозовые и кварцевые граувакки), чередующимися с темными аргиллитами, переходящими в алевритовые аргиллиты и алевролиты. Песчаники и аргиллиты образуют правильные чередования со средними мощностями 0,3–0,5 м. Максимальные мощности слоев песчаника 2,5 м, аргиллита — 2,0 м. В толще обычны для флишевых серий текстуры.

Вопросам строения и условиям формирования флишевых формаций посвящено много работ. Как известно, вначале было принято считать, что флишевые толщи характерны только для определенного отрезка времени истории развития Альпийской складчатой области (мел, мел-палеоген). Потом появились работы с описаниями флишевых серий в верхнем палеозое, нижнем палеозое, докембрии, но до сих пор некоторые исследователи считают, что флишевые серии в разрезе разновозрастных складчатых областей получают развитие на строго определенном этапе — во вторую половину тектонического цикла, перед началом орогенеза.

И.В. Архипов показал, что в Альпийской геосинклинальной области флиш формировался в разное время и, если рассматривать альпийскую геосинклинальную область как единое целое, можно с уверенностью говорить, что флиш в ее пределах накапливался с начала до конца геосинклинального цикла (с позднего триаса по олигоцен).

С нашей точки зрения флиш не представляет определенной формации — геогенерации в понимании Н.Б. Вассоевича. Это группа различных по вещественному составу формаций, но сходных по внутренней упорядоченности строения. Есть все основания считать, что осадочные серии, обладающие всеми признаками флиша, могут накапливаться в различной палеогеографической обстановке. Известны терригенные флишевые серии нижнего протерозоя в Приладожье, рифея — на Енисейском кряже, ордовика — в Центральном Казахстане, силура — на Южном Тянь-Шане, в Западном Саяне, девона-раннего карбона — на Урале и Алтае, среднего-верхнего карбона — на Южном Тянь-Шане, нижней перми — на Памире, триаса - нижней юры — в Горном Крыму, мела-палеогена — в Карпатах, Альпах, на Кавказе.

7.2 КАРБОНАТНЫЕ ФОРМАЦИИ

Карбонатные толщи после терригенных занимают второе место в составе осадочной оболочки земной коры. Оценка относительной распространенности глин, песчаников и известняков выражается соотношением 81:11:8 /22/.

По В.И. Попову и В.Ю. Запрометову /23/ 10-15% осадочных формаций континентальной коры представлено карбонатными формациями, которые известны, начиная с раннего докембрия, широко распространены в позднем докембрии, палеозое, мезозое и кайнозое. Состав карбонатных формаций на протяжении истории Земли изменялся. Карбонатные формации, образованные доломитами с магнезитами, известны в докембрийских отложениях, доломиты также широко распространены в палеозойских толщах. В мезозойских и кайнозойских отложениях преобладают известняки. Эволюция биосферы обуславливает изменение состава породообразующих организмов биогенных карбонатных пород.

Карбонатные осадочные формации представляют большой интерес для народного хозяйства. Многие разновидности карбонатных пород используются в промышленности как естественные строительные и облицовочные материалы, сырье на известь и цемент, флюсы и др. В сельском хозяйстве карбонатные породы применяются для известкования почв. Кроме того, с карбонатными формациями связаны многие месторождения нефти, горючих сланцев; они вмещают ме-

сторождения бокситов, марганца, железа, фосфоритов, полиметаллов. Карбонатные толщи представлены различными карбонатными формациями. Отдельные типы карбонатных формаций выделены и охарактеризованы М.С. Швецовым, И.В. Хворовой, Б.М. Келлером, В.Г. Кузнецовым, Г.Ф. Крашенинниковым, А.Г. Бабаевым, И.К. Королюк, С.В. Максимовой, С.Л. Афанасьевым, Е.М. Хабаровым, С.Ф. Бахтуровым и др.

Группирование карбонатных формаций разные авторы осуществляют с разной степенью детальности и по разным принципам. Среди карбонатных формаций выделяют: платформенные и геосинклинальные (Л.Б. Рухин); рифовую, слоистоизвестняковую, доломитовую (Э.Н. Янов); субформацию карбонатного флиша (В.Е. Хаин). В.И. Поповым и В.Ю. Запрометовым /23/ среди карбонатных формаций выделены восемь генетических семейств. В каждом семействе — от двух до пяти генетических типов.

Основываясь на характеристике состава и строения карбонатных толщ, И.К. Королюк разработала и предложила свою классификацию карбонатных формаций /19/. В основу классификации положен принцип наличия в толщах биогермных построек. Она выделила три группы формаций.

1. Формации, почти лишенные органогенных построек (группа «кархем»). Это формации, сложенные тонкозернистыми тонко и микрослоистыми хемогенными, биохемогенными и биогенными известняками и первичными доломитами. Типичные формации — доломитовые и пелитоморфных известняков, меловые, глобигериновых известняков.

2. Формации, в которых органогенные постройки имеют незначительное развитие или, если они и развиты, то не они составляют преобладающий материал в разрезе формации (группа «карбио»). Это формации слоистых детритовых и биоморфных известняков, иногда с доломитизированными известняками и доломитами. Типичные формации — окская формация нижнего карбона Подмосковья, московская формация среднего карбона Подмосковья, формации оолитовых известняков, слоистых известняков с рассеянными органогенными постройками.*

*Названия формаций по И. К. Королюк.

3. Формации с массовыми органогенными постройками и продуктами их разрушения. Это различные рифогенные формации, среди которых в зависимости от типов органогенных построек, от характера сочетаний их между собой, количества и первичной сохранности, И. К. Королюк выделяет: формации рифовые, биогермных массивов, банково-рифовые и рифоидные.

Принципы, положенные И.К. Королюк в основу классификации карбонатных формаций, позволяют ориентировать нефтепоисковые работы в сторону высокочемких коллекторов в карбонатных толщах рифовых массивов. Только один признак — степень участия организмов, способных создать каркас для биогермных построек, по-видимому, недостаточен для общей классификации карбонатных формаций по их составу и строению и не дает возможности систематизировать карбонатные формации.

Если терригенные формации мы систематизируем по минеральному составу (зрелости) обломочного вещества, степени его механической дезинтеграции (размерности обломочного материала), способу его выпадения в осадок, очевидно, с таких же позиций надо подходить к систематике карбонатных формаций. Опираясь на принципы систематики, отмеченные выше, класс карбонатных формаций подразделяется на три больших подкласса: известняковые формации, доломитовые формации и смешанные. Доломитовые формации широко развиты в разрезах докембрийских отложений, известняковые — в фанерозойских, а смешанные встречаются в составе всех стратиграфических подразделений.

Известняковые формации. Образуют разнообразную по происхождению, составу исходного вещества и практическому значению группу формаций, приуроченную к различным типам структурных элементов платформ и геосинклинальных областей. Развиты известняковые формации также в структурах, формирующихся в обстановке орогенного режима — в краевых прогибах и межгорных впадинах.

Главными членами известняковых формаций являются различные типы известняков, мергели. В качестве второстепенных встречаются доломиты, гипсы, ангидриты, песчаники и алевролиты, конгломераты и гравелиты, глины, аллиты,

горючие сланцы, силициты, фосфориты, т.е. широкий спектр пород, парагенетически связанных с известняками. Причем для разных генетических типов известняков характерен свой набор второстепенных членов ассоциаций. По преобладающим типам пород формации можно разделить на семейства: обломочных, биогенных, биогенно-хемогенных известняков.

Формации обломочных известняков. Обычно обломочные известняки участвуют в строении толщ различного состава. Особенно часто они принимают участие в строении толщ органогенных известняков — рифогенных формаций, образуя шлейфы, обрамляющие биогермные массивы. Тем не менее, иногда обломочные известняки образуют крупные скопления, самостоятельные формационные тела, в которых другие типы известняков имеют подчиненное значение. В качестве одного из примеров формаций, представителя данной группы, можно привести формацию красных брекчиевидных известняков титонского яруса юго-западного Крыма. Ее состав и строение охарактеризованы в работах И.В. Архипова.

Главные члены формации: красные, розовые, серые известняковые брекчии, переходящие в брекчиевидные и мелкообломочные известняки. Второстепенные — розовые, желтоватые и серые пелитоморфные и коралловые известняки. Строение толщи толсто- и среднеслоистое, форма в плане — неправильная асимметричная. Мощность — до 800 м. Фациально связана с ритмично построенной глинистоизвестняковой формацией (кимеридж-титонский флиш, по И.В. Архипову).

По-видимому, к этой же группе формаций следует отнести норийские отложения Передового хребта Большого Кавказа, описанные Э.Н. Яновым /39/ как красноцветная морская известняковая формация. По Э.Н. Янову, залежь этой формации имеет линзовидную форму мощностью до 500 м. В ее строении участвуют фиолетовые брекчиевидные алевритистые и песчанистые известняки, местами водорослевые. В известняках присутствуют зерна кварца, обломки серого известняка, песчаники. Второстепенные члены парагенеза — кварцевые и кварц-полевошпатовые песчаники, гравелиты, конгломераты, образующие прослойки мощностью до 2–3 м. Обломочные породы также пестроцветные. Предполагается, что данная парагенетическая ассоциация сформировалась в

полуизолированном бассейне (заливе) на этапе относительного тектонического покоя.

Формации биогенных известняков. Анализируя разнообразие толщ биогенных (органогенных) известняков с точки зрения особенностей их строения, форм залежей, условий формирования, рудоносности, можно сделать заключение о том, что состав породообразующих организмов позволяет выделять разные формации биогенных известняков. В этом случае формации могут служить индикаторами палеогеографических обстановок, позволят установить связи парагенезисов карбонатных пород с морфоструктурами палеорельефа, понять эволюцию карбонатных формаций в истории Земли.

На примере мезозоя и кайнозоя северного обрамления бассейна Тетис отчетливо видно, что разделение толщ биогенных известняков по породообразующим организмам позволяет более определенно осуществлять палеотектонические реконструкции и прогнозную оценку территорий. На разных интервалах стратиграфического разреза, в разных зонах здесь обособлены толщи пелециподовых ракушечных (в том числе устричных), рудистовых, нуммулитовых, мшанково-криноидных, мелоподобных (кокколитофоридовых), орбитолиновых, кораллово-водорослевых, цефалоподовых (аммонитико-росса) известняков и мергелей. Каждая из этих толщ имеет свое «лицо», сложена определенным набором типов пород, обладает характерным строением разреза и связями со смежными формациями. Наконец, каждая из этих толщ занимает вполне определенное стратиграфическое положение. Эволюция беспозвоночных и водорослей, служивших породообразующими организмами карбонатных толщ, изменения в соотношении биогенного и хемогенного осадконакопления в истории Земли позволяют говорить о направленной эволюции карбонатных формаций.

Среди формаций биогенных известняков, по-видимому, следует выделять группы формаций, образованные преимущественно известняками: водорослевыми (строматолитовые, кокколитофоридовые), водорослево-археоциатовыми, кораллово-водорослевыми, мшанковыми, цефалоподовыми, фораминиферовыми, гастроподово-пелециподовыми, брахиоподовыми, а также известняками других групп породообразующих организмов. Некоторые из представителей этих форма-

ций по своему внутреннему строению относятся к рифовым, другие всегда образуют слоистые толщи.

Ниже мы дадим очень краткую характеристику отдельных представителей некоторых перечисленных групп формаций, опираясь, главным образом, на примеры мезозойско-кайнозойских толщ юга страны.

Формации пелециподовых ракушечников. Характерным представителем этой группы формаций являются толщи сарматских и мэотических известняков Южного Причерноморья и Крыма. Главные члены ассоциации — светлые желтоватые известняки-ракушечники, состоящие из обломков и целых раковин двустворок, обычно песчанистые, алевроитовые, иногда переходящие в алевролиты. В качестве второстепенных членов присутствуют обломочные породы, алевроитистые глины, иногда — гипс; обычен глауконит, нередко желваковые фосфориты. Толщи известняков средне- и мелкослоистые. Образуют крупные плащеобразные залежи мощностью 30–50 м. Распространены формации в окраинных платформенных прогибах, а также в орогенных впадинах, развивавшихся как полуизолированные бассейны с повышенной или пониженной соленостью.

К этой же группе формаций относятся толщи устричных известняков мела и палеогена юго-востока Средней Азии. Толщи устричных известняков мощностью 30–40 м характерны для среднего и верхнего альба, верхнего сеномана, сантона-кампана, среднего эоцена. Чаще это чистые известняки, но иногда они содержат прослой зеленой алевроитистой глины или алевролита, нередко заключают прослой красных глин и гипсов. Устричники слагают обособленные тела в Ферганской впадине. Местами они расслоены пачками глин и переходят в устрично-глинистую формацию.

Формации фораминиферовых известняков. К этой группе следует отнести толщи нуммулитовых, орбитолиновых, швагериновых известняков, пользующиеся наиболее широким распространением в окраинных платформенных прогибах и во внешних геосинклинальных зонах.

Очень характерной является формация нуммулитовых (симферопольских) известняков ранне-среднеэоценового возраста в Крыму. Формация четко обособлена в разрезе. Главными членами формации являются нуммулитовые из-

вестняки, чистые и глинистые, второстепенными — мелоподобные мергели. Формация образует плащеобразную залежь мощностью до 45 м. Вверх по разрезу и по латерали она сменяется формацией мелоподобных мергелей с нуммулитами. Строение формации трансгрессивное, среднеслоистое. Область ее распространения тяготеет к зонам конседиментационных поднятий в морском бассейне.

Формации орбитолиновых известняков описаны в разрезе верхнего баррема-апта на территории Центрального Ирана, Южного Афганистана, Южной Турции, северной части Аравийского полуострова.

На Восточно-Европейской платформе ассельско-сакмарско-артинские отложения выражены формацией слоистых швагериновых и фузулиновых известняков, слагающих толщу в 150–200 м мощности. Среди фораминиферовых известняков распространены мелкодетритовые разности и небольшие биогермные массивы. Местами известняки доломитизированы и толща содержит прослой доломитов.

Формации кораллово-водорослевых известняков пользуются широким распространением в области Тетис в разрезе юрских и неокомских отложений. Обычно являются одним из типов так называемых «биогермных», «рифовых», «рифидных» формаций.

Характерным представителем этой группы формаций является толща верхнеоксфордских известняков Юго-Западного Крыма. Толща оксфордских кораллово-водорослевых известняков образует высокие обрывы южного склона Главной гряды Крымских гор (гора Ай-Петри). Известняки отдельных массивов пелитоморфные серые, светло-серые, розоватые, перекристаллизованные. Толща включает линзы грубослоистых брекчиевидных известняков, иногда тонкослоистых глинистых. Местами в основании толщи биогермных кораллово-водорослевых известняков отмечаются прослой оолитовых песчанистых известняков, песчаников, мелкогалечных конгломератов. Форма тела — караваеобразная, линзовидная, мощность — до 700 м.

В разрезе неокома юга Украины и Западной Европы встречаются аналогичные формации, известные под названием известняков «ургонской фации». В Украинских Восточных Карпатах известняки образуют линзы (?) мощностью до

300 м и длиной до 3 км в мергельной и песчано-алевролитовой толще. Наряду с колониальными кораллами и водорослями, в известняках много остатков гастропод, орбитолин, мшанок, рудистов.

Формации кокколидофоридовых известняков (писчего мела, мелоподобных известняков и мергелей) широко распространены в разрезе верхнего мела, палеоцена, эоцена Европы, Северной Африки, на юге Северной Америки. На платформах в строении формаций участвуют мел, мелоподобные мергели; в качестве второстепенных членов присутствуют опоки и глауконитовые песчаники, фосфориты. В складчатых областях основу формации слагают светлые, белые, иногда серые и розоватые мелоподобные, иногда фарфоровидные известняки, мергели с отдельными прослоями известковистых глин, глауконитовых песчаников. Нередко в разрезе формации отмечается ритмичность, выраженная чередованием известняков чистых и глинистых. Преобладают микрозернистые известняки. В пределах Северного Предкавказья в разрезе верхнемеловой формации мелоподобных известняков и мергелей, по данным В.Г. Кузнецова, мелоподобные известняки приурочены к верхней части формации, плотные фарфоровидные — к турону-кампану, а рыхлые встречаются отдельными пластами по всему разрезу.

В разрезах Горного Крыма верхнемеловые отложения выражены двумя формациями мелоподобных известняков и мергелей. Нижняя формация соответствует сеноману-коньяку, верхняя — сантону-маастрихту. Они разделены поверхностью перерыва и характеризуются различным типом внутреннего строения: нижняя — трансгрессивным, верхняя — регрессивным. Мощности формаций составляют 120-250 м. К разновидности этой же группы формаций следует отнести известняковый флиш турона-кампана в горной Кахетии (Л. И. Татаришвили), имеющий мелко-, средне-, и крупноритмичное строение. Главными членами являются мелоподобные известняки, мергели. В качестве второстепенных членов присутствуют силициты, гидрослюдистые и монтмориллонитовые глины, алевролиты и песчаники. Первый элемент ритма образован мелкодетритовыми известняками псаммитовой или алевролитовой размерности; второй элемент ритма — микрозернистыми известняками и мергелями. Карбо-

натный флиш описан в многочисленных работах Н.Б. Вас-
соевича, Б.М. Келлера, С.Л. Афанасьева в разрезе верхнеме-
ловых отложений Западного Кавказа.

Формации хемогенно-биогенных известняков. К рассмат-
риваемой группе формаций относятся карбонатные толщи,
сложенные пелитоморфными, микрозернистыми, оолитовы-
ми, псевдооолитовыми комковатыми известняками, содер-
жащими прослой и линзы детритовых и биогенных известня-
ков и доломитов. В разрезе формаций нередко присутствуют
мергели, глины, горючие сланцы, известняковые брекчии.

Строение формаций на площади подвержено значитель-
ным изменениям. Характерны биогермные постройки раз-
личных размеров. Толщи в целом слоистые. Ритмичность
выражена сменой в разрезе микрозернистых глубоководных
известняков мелководными мелкодетритовыми, оолитовыми,
комковатыми.

В качестве представителя этой группы формаций следует
упомянуть толщу келловей-оксфордских известняков юго-
востока Туранской плиты. Состав этой формации по мате-
риалам бурения охарактеризован А.Г. Бабаевым. Характер
ритмичности толщи в юго-западных отрогах Гиссара описан
И.Г. Михеевым. К этому же формационному типу с точки
зрения наличия биогермов И.К. Королук относит карбонат-
ные толщи ордовика-силура Эстонии.

Приведенные отдельные примеры нескольких групп из-
вестняковых формаций, отличающихся типом биогенных из-
вестняков, условиями накопления, практическим примени-
ем, свидетельствуют о разнообразии известняковых толщ как
геологических формаций. Выделение просто «известняко-
вой» формации, как это еще продолжает иметь место в рабо-
тах некоторых тектонистов и литологов, представляется не-
достаточным для решения прикладных задач формационного
анализа.

Доломитовые формации. Доломитовые формации вы-
ражены мощными толщами доломитов с прослоями магнези-
тов, известняков, обломочных и кремнистых пород.

М.А. Семихатов охарактеризовал их в разрезе рифея Ени-
сейского Кряжа и Прибайкалья. На Урале — это саткинская
и бакальская свиты. Э.Н. Янов /39/ эту группу формаций на-
зывает «доломитовой формацией». Он отмечает ее в разрезе

нижнего протерозоя Восточного Саяна, в верхнем протерозое-нижнем кембрии Селенгино-Яблоновой системы, Аргунского и Буреинского массивов, п-ва Канин, Урала, а также в ордовике-девоне Южного Тянь-Шаня и Урала. Доломитовые формации также имеются в разрезе верхнего триаса и верхней юры Кавказа. По латерали рассматриваемая группа формаций замещается известняковыми, кремнисто- и глинисто-карбонатными; по вертикали — нередко алюмосиликатными обломочными формациями.

По М.А. Семихатову, доломитовая аладьинская формация Енисейского Кряжа образована светло-серыми и желтоватыми доломитами толстоплитчатыми и массивными, мелкозернистыми. Отмечаются горизонты (8–10 м) доломитовых брекчий. Мощность формации 500–800 м.

Накопление формаций, сложенных доломитами, происходило, вероятно, в окраинных платформенных прогибах, во внешних прогибах геосинклинальных систем, на срединных массивах. С данной группой формаций связаны месторождения магнезитов, сидеритов, гипса.

Группа доломитовых формаций изучена недостаточно. Вероятно, в составе этой группы могут быть выделены разные подгруппы формаций. Сами доломиты могут иметь как первичное, так и вторичное происхождение.

Смешанная группа карбонатных формаций является наиболее многочисленной, типичной для платформенных, геосинклинальных и орогенных комплексов. К ней следует относить формации с содержанием карбонатных пород не менее 30% мощности разреза в центральных частях формационных залежей. По типам строения формации этой группы также резко отличаются друг от друга. Среди них встречаются глинисто-карбонатные толщи с крупными биогермными массивами (верхнеюрская судакская, казантипская миоценовая формации Крыма) и толщи тонкоритмичного флишевого строения (терригенно-карбонатные флишевые комплексы нижнего мела Грузии) и т.д. Очень характерно тонкослоистое ритмичное сложение кремнисто-карбонатных серий.

Флишеподобный глинисто-известняковой формацией местами представлены кимеридж-титонские отложения в Горном Крыму (Байдарская, Варнаутская котловины, окрестности Феодосии). В ее разрезе прослой обломочного из-

вестняка (3–10 см) ритмично чередуются с зеленовато-серыми известковистыми глинами.

Очень характерной глинисто-ракушечниковой формацией выражена толща верхнего мела Афгано-Таджикской впадины. Многократное чередование устричных известняков, полимиктовых глауконитовых песчаников, гидрослюдистых глин, мергелей, образующих пачки в 2–3 и до 10 м, создает неповторимую специфику парагенезиса. В качестве второстепенных членов в ее разрезе присутствуют красноцветные глины, гипсы, доломиты.

В целом следует отметить, что терригенно-карбонатные формации всегда в той или иной степени ритмичны, обладают направленным изменением состава по разрезу и площади. Их мощности, морфология залежей изменяются в широких пределах. Также различны условия их накопления.

Кремнисто-карбонатные формации. Эта группа представлена формациями, в наборах которых принимают участие различные типы известняков, доломиты, силициты и глинистые сланцы.

И.К. Королук /19/ к группе кремнисто-карбонатных формаций относит доманиковую формацию, соответствующую верхней части франского яруса Приуралья. Ее подстилают и перекрывают известняковые формации. Доманиковую формацию слагают микрозернистые кремнистые, глинисто-кремнистые, битуминозные известняки. Им сопутствуют органические: птероподовые, пелециподово-птероподовые, птероподово-цефалоподовые и остракодовые известняки. Второстепенными членами являются стяжения и пропластки кремней, кремнистые мергели, доломиты, горючие сланцы, аргиллиты. Все породы темноокрашенные. Для толщи характерна тонкая слоистость без признаков ритмичности. Все породы обогащены органическим веществом сапропелевого типа. Накопление формации происходило в условиях прогиба, недокомпенсированного сносом осадков.

Близкими характеристиками обладают битуминозные карбонатно-сланцевые формации, описанные С.Ф. Бахтуровым в разрезе верхнего рифея (каланчевская), венда (тинновская), нижнего и среднего кембрия (коунамская), силура (чамбинская) Восточной Сибири /1/. В строении указанных формаций автором выделены парагенезисы разных рангов

(наборы, сообщества наборов, комплексы). В строении всех формаций участвуют черные аргиллиты, известняки и доломиты. В каждой присутствуют типичные для нее породы: в каланчевской — черные кристаллические и онколитовые известняки, серые кристаллические известняки и доломиты; в тинновской — антрацитовидные известняки и черные аргиллиты; в коунамской и чамбинской — светло-серые кристаллические и биодетритовые известняки.

В качестве примера известняково-кремнистой формации И.К. Королюк приводит зилимскую формацию среднего карбона — касимовского яруса Приуралья, сложенную ритмично чередующимися светлыми известняками и кремнями. Частое их чередование (0,1–0,25 м) придает толще матрасовидный облик, что послужило поводом к наименованию — «матрасная формация». Пластовые силициты содержат остатки губок. Известняки детритовые, органогенные. Мощность формации — 400–500 м.

Также в Приуралье, на западном крыле Предуральского прогиба, выделяется куруильская кремнисто-карбонатно-глинистая формация (визейский и серпуховской ярусы). Формация подробно охарактеризована И.В. Хворовой. И.К. Королюк считает, что от «матрасной» ее отличает значительное содержание глинистых пород, микроритмичное строение пачек, иной характер кремней (спонголиты). Известняки нередко оолитовые, реже фораминиферово-сгустковые, зернистые, с примесью зерен кварца, вулканического стекла. Высказано мнение, что куруильская кремнисто-карбонатно-глинистая формация является типичной для внешних бортов флишевых трогов на стадии, предшествующей флишеобразованию.

7.3. СУЛЬФАТНО-ХЛОРИДНЫЕ ФОРМАЦИИ

К рассматриваемому классу формаций относятся разнообразные по строению толщи, сложенные преимущественно сульфатными (ангидриты, гипсы) и хлоридными (галитит, сильвинит, карналлит и др.) породами. В качестве второстепенных членов в формациях присутствуют прослои доломитов, известняков, обломочных и глинистых пород глауберита и проч.

Сульфатно-хлоридным формациям посвящена обширная

литература, поскольку они вмещают комплекс важных полезных ископаемых (каменная, калийная соли, бораты, глауберит, сера, минеральные воды); к областям их распространения приурочен своеобразный парагенезис диапировых структур — соляные массивы, купола, штоки, компенсационные синклинали и др., контролирующие нефтегазоность.

Особенности состава и строения галогенных формаций охарактеризованы в работах А.А. Иванова, Ю.Ф. Левицкого, М.А. Жаркова, Т.М. Жарковой, Л.Г. Кирюхина, В.С. Конищева, М.П. Фивега, Н.М. Страхова, А.Л. Яншина, М.Л. Левенштейна, Г.А. Мерзлякова, Н.Л. Габой, С.М. Кореневского, Н.Е. Митина, В.И. Дитмара, В.С. Лучникова, Л.Г. Гаврильчевой, И.Н. Тихвинского и др.

На территории Северной Евразии галогенные формации присутствуют и описаны в разрезах нижнего кембрия и девона Сибирской платформы, девона, нижней и верхней перми Восточно-Европейской платформы; пермских отложений Предуральского прогиба и впадин Центрального Казахстана; верхнеюрских отложений Предкавказья, юго-востока Туранской плиты и Афгано-Таджикской впадины; неогеновых отложений Предкарпатского и Закарпатского прогибов, северо-запада Туранской плиты, впадин Тянь-Шаня и др. Антропогеновые галогенные формации связаны с озерными толщами Равнинного Крыма, юга Западно-Сибирской плиты.

Повсеместно это толщи, формировавшиеся в условиях полуизолированных бассейнов разной величины, существовавших в пределах платформ (синеклизы, окраинные прогибы, рифтовые структуры) и впадин орогенных областей. Намечается вполне определенная связь стратиграфического положения галогенных формаций с эпохами аридизации климата на территории Евразии и поясной климатической зональностью во все эпохи их накопления. Соответственно по латерали и вертикали галогенные формации тесно связаны с красноцветными и пестроцветными терригенными, доломитовыми, известняковыми формациями, в том числе рифового строения, а также с кремнисто-известняковыми формациями доманикового типа. Галогенные формации обнаруживают также отчетливую приуроченность к регрессивным элементам или началу трансгрессивного элемента осадочных мега-ритмов, обусловленных проявлением процессов тектоно-

также отчетливую приуроченность к регрессивным элементам или началу трансгрессивного элемента осадочных мега-ритмов, обусловленных проявлением процессов тектономагматической активизации.

Группа галогенных (сульфатно-хлоридных) формаций обычно подразделяют на две подгруппы: формации сульфатные — гипсово-ангидритовые толщи с отдельными мало-мощными прослойками карбонатных и терригенных пород, иногда хлоридных; формации хлоридные, в разрезе которых наряду с сульфатными породами большую роль играют хлоридные. Нередко хлоридные формации подразделяют в зависимости от наличия или отсутствия в них легкорастворимых хлоридов: сильвинита, карналлита и т. д.

Г.А. Мерзляков /15/ сравнил наборы пород, которыми сложены пермские соленосные толщи Евразии, и пришел к выводу, что присутствие определенных пород в одних толщах и отсутствие в других позволяют выделить разновидности галогенных толщ по составу. Им выделено шесть разновидностей галогенных толщ: 1) ангидрит-галитовая — характеризуются простым составом: ангидрит и галит. Это соленосные толщи верхнего красного лежня Центрально-Европейского бассейна, востока Прикаспийской впадины (кунгур) и центральных районов платформы; 2) доломит-ангидрит-галитовая — характеризуется присутствием карбонатных пород. Представителями являются никитовская и славянская свиты Днепровско-Донецкой впадины, верхнекулойская свита севера Восточно-Европейской платформы, иренская свита в Юрюзано-Сылвенской впадине; 3) глинисто-доломит-глауберит-галитовая, содержащая, наряду с карбонатными породами, глинистые и глауберитовые. Примером являются соленосные толщи Чу-Сарысуйской впадины; 4) сильвинит-карналлит-галитовая — с широким распространением хлоридных пород. К этой разновидности относятся соленосные толщи севера Юрюзано-Сылвенской и Верхнепечерской впадины; 5) кизерит-карналлит-галитовая — объединяет четыре соленосные толщи Центрально-Европейского бассейна; 6) кизерит-бишофит-карналлит-сильвин-галитовая — соответствует соленосной толще Прикаспийской синеклизы и впадин Предуральяского прогиба.

При таком группировании первая разновидность не со-

держит карбонатных пород, во второй появляются доломитовые или доломит-ангидритовые породы; третья резко выделяется от остальных развитием своеобразных пород сульфатного класса — глауберитовых. В четвертой разновидности широко распространены хлоридные калийные соли в различных сочетаниях. Следующая разновидность содержит, кроме калийных солей хлоридного типа, большое количество магниевых и калийно-магниевых сульфатных солей, а в шестой — к перечисленным калийным и калийно-магниевым солям добавляются и хлоридно-магниевые, представленные бишофитом.

Типизация галогенных (сульфатно-хлоридных) формаций, приведенная выше, конечно, не охватывает всего их разнообразия. Галогенные формации, характеризуясь, как правило, тонкоритмичным строением, различаются по внутренней структуре (направленности изменения вещественного состава). Их состав и строение зависят от положения формаций в рядах: карбонатные — галогенная — карбонатные; терригенные — галогенная — карбонатные; карбонатные — галогенная — терригенные; терригенные — галогенная — терригенные, т.е. от их положения в теле более крупных ассоциаций.

В качестве примеров конкретных галогенных формаций рассмотрим верхнефранскую и верхнефаменскую соленосные толщи Припятско-Днепровско-Донецкого прогиба. Формационные залежи Припятской и Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ) разобщены зоной развития терригенных и вулканогенных отложений Брагинско-Лосевской седловины. Общая площадь распространения залежи в Припятском прогибе — 21000 кв. км. Мощность составляет 300–600 м, соленасыщенность — 45–52%. Мощность пластов каменной соли — до 40 м, разделяющих гипсов и доломитов — 1–20 м. В разрезе выделяется восемь ритмопачек. К верхним ритмопачкам приурочены горизонты калийных солей (сильвинита) мощностью от 0,5 до 19 м.

В пределах ДДВ площадь формационной залежи измеряется 60 000 кв. км. Ее мощность составляет 800–1300 м, увеличиваясь в зонах соляных куполов до 2500 м. Формационное тело образовано чередованием пластов каменной соли (от 5–20 до 70–100 м) и пластов межсолевых пород (от 2 до

20–40 м). Обычно насчитывается шесть полных ритмов (ритмопачек). Среди несоляных пород преобладают ангидриты и известняки, присутствуют аргиллиты, мергели, доломиты, диабазы, туфы и др.

К характерной галогенной формации на юго-востоке Средней Азии относится толща кимеридж-титона (гаурдакская свита), охарактеризованная в работах большого числа исследователей. Тело формации занимает Амударьинскую и Мургабскую впадины, выходит на поверхность в поперечном поднятии Юго-Западного Гиссара и продолжается в пределы Афгано-Таджикской впадины. Позднеюрский эвапоритовый бассейн занимал площадь более 300 000 кв. км.

В северных районах Юго-Западного Гиссара, по южному склону Гиссарского хребта галогенная формация выражена толщей белых гипсов (70–350 м). В ее нижней части присутствуют прослои доломитов, темных брекчиевидных известняков, а в верхней — прослои красноватых глин и алевролитов. В более южных районах в разрезе формационного тела обособляются четыре части: известняково-ангидритовая, ангидритовая, галитовая и глинисто-гипсовая. Суммарная мощность двух нижних не превышает 400 м, верхних — 300–350 м. В разрезе галитовой части присутствует несколько горизонтов калийных солей.

В пределах Мургабской впадины, галогенная формация имеет многочленное строение и корреляция ее отдельных пачек осуществляется неоднозначно на площади формационного тела (Л.Г. Гаврильчева, М.А. Жарков и др.). В целом, в прибортовых частях формационное тело сложено сульфатами, ближе к центральной части появляются хлориды и его строение усложняется. Наиболее сложное, многоритмичное строение имеет центральная часть тела в восточных районах Мургабской впадины.

7.4. СИЛИЦИТОВЫЕ ФОРМАЦИИ

Этот класс объединяет формации, в разрезе которых значительная роль принадлежит кремнистым породам — силицитам (яшмам, спонголитам, радиоляритам, трепелам, опокам). В качестве второстепенных членов парагенезисов присутствуют известняки, глины (глинистые сланцы), пирокластические породы и лавы, железистые породы.

Силицитовые формации развиты на платформах и в геосинклинальных областях. На платформах они типичны для осадочных серий, накопившихся в высокоширотных морских бассейнах. В подвижных поясах они особенно широко распространены и нередко находятся в ассоциации с вулканическими толщами.

Силицитовые формации известны в докембрии, палеозое, мезозое и кайнозое. Характерно, что формаций, сложенных нацело силицитовыми породами (яшмами, радиоляритами, спонголитами), немного. Значительно шире распространены карбонатно-, железисто-, вулканогенно-кремнистые толщи.

Характерной группой силицитовых формаций являются яшмовые. По Н.С. Шатскому, к яшмовой формации относятся толщи, сложенные красными, зелеными яшмами, яшмовидными кремнистыми туфами с прослоями терригенных пород и подчиненными линзами известняков или же чередованием мощных пачек яшм с диабазами, базальтовыми порфиритами, граувакковыми песчаниками и кварцитами.

По мнению Г.А. Каледы, выделившего и охарактеризовавшего яшмовую формацию в разрезе верхнего силуранижнего девона в Южном Тянь-Шане, среди яшмовых формаций имеется большое число разновидностей (субформаций по Г.А. Калее), которые отличаются составом и взаимоотношением пород, сопутствующим яшмам, их степенью метаморфизма.

В разрезе девона Южного Урала яшмовая формация описана И.В. Хворовой. Яшмовый бугулыгырский комплекс представлен в одних случаях почти единой толщей (до 200–400 м) тонко- и толстослоистых яшм, в других — чередованием пачек мощностью от нескольких до 50 м яшм с кислыми туфами, туффитами и яшмами. В строении формации отмечается ритмичность нескольких порядков.

Большая часть исследователей предполагает, что яшмовые формации формируются в глубоководной обстановке, но высказывают мнения о возможности образования яшмовых (смешанных) формаций на небольшой глубине в связи с вулканическими процессами. В.Ю. Запрометов и О.Д. Шевченко отмечали, что на Южном Тянь-Шане силицитовые формации известны от рифея вплоть до среднего карбона. Среди них они выделяют два семейства: прибрежных силицитовых и

удаленных формаций.

Э.Н. Янов приводит описания кремнистых (силицитовых) формаций подвижных областей — яшмовых, спилит-диабаз-яшмовых, а также кремнисто-сланцевых (фтанитовых), кремнисто-диатомитовых, углеродисто-кремнистых, кремнисто-железистых формаций/39/.

Силицитовые формации широко распространены среди палеозойских толщ Урала, Тянь-Шаня, Казахстана, Кузнецко-Саянской области, а особенно — среди мезо- и кайнозойских комплексов Сихотэ-Алиня, Приохотья, Корякского нагорья, Камчатки, Сахалина. Их систематика и изучение заслуживают самого пристального внимания, так как силицитовые формации в парагенезисе с терригенными и карбонатными разных типов являются надежными индикаторами палеогеодинамической обстановки. Они содержат месторождения железа, марганца, фосфоритов и т. д.

На платформах Евразии силицитовые формации известны в разрезе палеогеновых и верхнемеловых отложений боральной области (Западно-Сибирская плита, северные районы Русской плиты и др.). Кремнистые породы (трепелы, опоки) находятся в ассоциации с гидрослюдистыми опокovidными глинами, кварцево-глауконитовыми песками и песчаниками. Для них также характерно присутствие фосфоритов, марганца, железистых пород.

7.5. СМЕШАННЫЕ ФОРМАЦИИ

Это наиболее распространенная в природе самая большая по числу и разнообразию представителей группа формаций. Элементарные наборы главных членов этих формаций состоят из пород разных классов — алюмосиликатных, карбонатных, хлоридно-сульфатных, железистых и других, находящихся примерно в равных соотношениях. Смешанные формации объединяют глинисто-известняковые, песчаниково-известняковые, кремнисто-карбонатные, кремнисто-железистые, глинисто-сульфатные и другие толщи с весьма широким диапазоном изменений в соотношениях пород — главных членов парагенетических ассоциаций. По видимому, к этой же большой группе смешанных формаций следует относить осадочно-вулканогенные (терригенно-, кремнисто-, карбонатно-вулканогенные) и другие типы фор-

маций. В результате число различных вполне самостоятельных групп смешанных формаций чрезвычайно велико.

Каждая из групп, составляющих последовательный ряд смешанных формаций, например карбонатно-терригенная, кремнисто-вулканогенная, требует специального исследования, выработки своей классификации, систематики.

Проблемы систематики осадочно-вулканогенных формаций рассмотрены в работах Т.Н. Фроловой, Л.Н. Ботвинкиной, Г.С. Дзоценидзе, Л.Н. Формозовой, И.В. Хворовой и Е.А. Соколовой, Н.Г. Бродской, В. И. Чернова и др., однако многие вопросы остаются неясными. В работах В.И. Попова смешанные по составу толщи обычно рассматриваются как толщи, в строении которых чередуются несколько формаций. В результате проблемы их разграничения не существует.

Независимо от состава смешанных формаций для них характерны некоторые общие черты. Они накапливаются в условиях периодически меняющейся палеогеографической обстановки, климата или при эпизодических нарушениях нормального хода седиментации, в том числе процессами вулканизма. Смешанные формации обычно имеют сложную генетическую природу. Все смешанные формации обычно ритмично-слоистые, от грубо- до тонкослоистых. К типичным смешанным формациям относятся флишевые терригенно-вулканогенные.

Нередко смешанные по составу формации обособливаются в виде зон взаимопереходов двух смежных формаций разных классов. Известно много примеров, когда терригенная толща вверх по разрезу переходит в карбонатную через толщу переслаивания терригенных и карбонатных пород. Если эта толща переслаивания по своему стратиграфическому объему и мощности равнозначна подстилающей и покрывающей толщам, она заслуживает выделения в качестве самостоятельной формации. Аналогичным образом возникают толщи чередования в зонах сопряжения двух формаций по латерали. Примеры формаций смешанного состава наблюдаются в зонах фациального замещения сульфатно-хлоридных красноватными формациями, что типично для платформ. Ограничить в пространстве такого типа «переходные» формации можно только на основе заранее оговоренных правил.

ГЛАВА 8. МАГМАТИЧЕСКИЕ И МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ

Осадочным формациям, составляющим осадочную оболочку земной коры, противопоставляются магматические и метаморфические формации, образующие нижние горизонты земной коры («гранитно-метаморфический» и «базальтовый» слои). Состав и строение магматических и метаморфических формаций отражают процессы, протекающие глубоко в недрах Земли – в коре и мантии. Поэтому эти формации представляют особый интерес для понимания эволюции оболочек Земли. С магматическими и метаморфическими формациями также связаны разнообразные полезные ископаемые, используемые в народном хозяйстве.

В главе приводится очень краткая характеристика магматических и метаморфических формаций. Основное внимание уделено вопросам их систематики и выработки единого подхода к группированию геологических формаций, опираясь на опыт изучения осадочных формаций.

8.1 МАГМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ

Изучение магматических комплексов как геологических формаций начато Ф.Ю. Левинсон-Лессингом, описавшим в 1888 г. «олонецкую диабазовую формацию». В развитие направления по изучению магматических формаций большой вклад внесли Ю.А. Билибин, Ю.А. Кузнецов, Е.К. Устиев, В.И. Попов, Н.Л. и Г.Л. Добрецовы, В.А. Массайтис, Т.И. Фролова, С.В. Москалева, Н.А. Румянцева и др. В 1971 году коллективом сотрудников ВСЕГЕИ была опубликована карта магматических формаций СССР. Работа по составлению карты позволила систематизировать огромный фактический материал.

В отличие от осадочных формаций, выделение магматических основано на группировании пород, номенклатура которых хорошо разработана, каждое наименование породы подразумевает ее состав и структуру /21/. Это существенно облегчает выбор вещественных категорий, используемых в

качестве формационной единицы. Благодаря разработанной номенклатуре магматических пород, каждая магматическая формация, выделенная как парагенезис горных пород, несет в себе вполне определенное генетическое содержание (тип магмы, глубина ее остывания).

Принято считать, что магматические формации являются продуктами остывания двух типов магм: базальтовой и гранитной, очаги которых формируются на разных глубинах. Заслуживает внимания точка зрения о наличии третьего типа магмы – ультрабазитовой. Многообразие формаций определяется дифференциацией магм, их смешением и ассимиляцией магматическим расплавом вмещающих пород.

8.1.1. КЛАССИФИКАЦИИ МАГМАТИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

Поскольку магматические формации тесно связаны с глубинными процессами, их классификация нередко основывается на тектоническом принципе – приуроченности магматических формаций к основным структурным зонам земной коры и этапам их развития (Ю.А. Билибин, Ю.А. Кузнецов, В.И. Попов, Е.К. Устиев и др.).

Ю.А. Билибин выделял в геосинклинальных областях формации: начала цикла (норит-трондьемитовая, анортозит-чарнокитовая, габбровая, гипербазитовая), середины цикла (гранитоидная с тремя субформациями), постгранитоидные (посторогенная диоритовая, посторогенная габбро-гранитовая, кенталленитовая) и заключительные (эссекситовая и монцонитовая). Ю.А. Билибин считал, что на платформах схема магматизма редуцирована, еще менее полный цикл – на щитах платформ.

Развернутая классификация и описание магматических формаций предложены Ю.А. Кузнецовым. Он сгруппировал формации следующим образом: 1) формации собственно геосинклинальных этапов развития подвижных зон (спилито-кератофировая группа, габбро-плагиогранитная группа, гипербазитовая формация); 2) формации орогенные, главным образом геоантиклинальные формации подвижных зон (базальт-андезит-риолитовая габбро-диорит-гранодиоритовая, гранитоидная группы); 3) формации устойчивых областей (ряд эффузивно-интрузивных формаций, ряд формаций цен-

тральных интрузий и трубок взрыва); 4) некоторые особые типы формаций щитов и ранних стадий развития древних платформ (ряд мигматитовых формаций, ряд габбро-гранитных формаций).

В.Н. Москалева с соавторами разработала классификацию магматических формаций применительно к последовательным стадиям геосинклинального цикла (ранняя, средняя — инверсионная, поздняя — консолидационная), а также выделила формации, приуроченные к зонам активизации консолидированных складчатых областей и платформ. Подобные классификации предусматривают группирование магматических формаций по тектоническому принципу с последующим разделением их по составу.

Н.Л. и Г.Л. Добрецовы подошли к систематизации формаций по их петрохимическим и фациальным признакам. Они выделили три группы: салические, базитовые и ультрабазитовые формации и подразделили их в зависимости от щелочности, глубинности. В модели получились 54 «чистые» формации, образованные породами одной группы кислотности.

Систематика магматических формаций на основе их вещественного состава разработана В. Г. Поляковым, А. Ф. Белоусовым, В. Н. Довгаль и др. Магматические формации они делят на плутонические и вулканические. Среди плутонических формаций выделяют: ультрабазитовые; сложные существенно ультрабазитовые; базитовые; сложные существенно базитовые; гранитоидные; сложные существенно гранитоидные; сиенитоидные; сложные существенно сиенитоидные, а среди вулканических — базальтоидные; сложные существенно базальтоидные; риолитоидные; щелочно-салические; базальтоидно-трахитовые.

Предложено множество классификаций, разработанных для базальтоидных, гранитоидных, щелочных групп формаций, формаций вулканических и плутонических. Наименования формаций настолько различаются у авторов, что требуется специальное исследование по их синонимике. Общее число магматических формаций у различных авторов составляет от 25–28 (Ю. А. Кузнецов и др.) до 70–88 (В. И. Попов).

8.1.2. ТИПЫ МАГМАТИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

Магматические формации на основе вещественного состава и количественного соотношения слагающих их пород делятся на несколько групп: 1) преимущественно ультраосновного состава – ультрамафитовые (например, дунит-перидотитовая); 2) состоящие из ультраосновных и основных пород в близких соотношениях – ультрамафит-мафитовые (например, перидотит-пироксенит-норитовая); 3) с резким преобладанием пород основного состава – мафитовые (базальтовая, спилит-диабазовая); 4) с преобладанием пород среднего состава и наличием пород от основных до кислых – мафическо-салические (габбро-диоритовая, андезитовая, габбро-сиенитовая и др.); 5) с преобладанием кислых пород – салические (гранитовая, лейкогранитная, аляскитовая и другие формации). Первая и последняя группы формаций являются наиболее дифференцированными в сторону кислотности и в сторону основности. Средние группы объединяют смешанные, непрерывные формации. В зависимости от присутствия в разрезе формации пород разной степени кислотности, направленности изменения содержания этих пород по разрезу выделяют однородные, контрастные и формации непрерывного строения. Наибольшие различия в кислотности пород, составляющих ассоциации, характерны для формаций щелочного ряда (например, габбро-сиенит-гранитная формация и др.).

Ниже приводятся краткие сведения о плутонических и вулканических формациях в соответствии с кислотностью формациеобразующих типов пород. Характеристика формаций основана на сведениях из терминологического справочника /4/, материалах ВСЕГЕИ /10,11/, работах Ю.Б. Марина и В.Т. Лазаренкова /13/, Т.И. Фроловой и И.А. Буриковой /31/.

При выделении магматических плутонических формаций за основу принимается интрузивное тело – интрузивная фаза. Совокупность нескольких фаз, проявленных на определенной площади на небольшом промежутке времени, упорядоченных в отношении изменения состава и строения, рассматривается как интрузивный комплекс. В литературе описаны таннуольский комплекс раннепалеозойских гранитов, гиссарский комплекс позднепалеозойских гранитов, баргузинский комплекс рифейских гранитов и множество других раз-

новозрастных гранитных комплексов, распространенных в различных регионах. На основе их обобщенной характеристики создается представление о типе плутонической гранитовой формации. Совокупность плутонических и вулканических комплексов составляет магматический комплекс.

Вероятно, при анализе вулканических толщ как геологических формаций, следует учитывать соотношение в них лав и пирокластов, что немаловажно при диагностике конкретных формаций. Кроме того, вулканические серии нередко вмещают нормальные осадочные породы в различных соотношениях. Отрывать вулканические породы от осадочных комплексов представляется неправильным, однако в данной работе мы вынуждены рассматривать вулканические формации изолированно.

Ультрамафитовые формации. К группе ультрамафитовых формаций относятся: дунит-перидотитовая, пироксенит-перидотитовая, кимберлитовая формации.

Дунит-перидотитовая формация – характерный член так называемой «офиолитовой ассоциации» в подвижных поясах. Дунит-перидотитовая формация образована ассоциацией гарцбургитов, дунитов, лерцолитов; в качестве второстепенных членов присутствуют верлиты, клинопироксениты. К дунит-перидотитовой формации относят Баженовский, Халиловский, Войкаро-Сыньинский массивы на Урале, Тектурмасский и Кемпирсайский – в Казахстане. Она пользуется широким распространением в разновозрастных складчатых областях подвижных поясов. Крупные массивы обладают полосчатым строением, обусловленным чередованием дунитов и гарцбургитов. Ритмичная расслоенность гарцбургитов – важная особенность формации. Форма массивов – линзовидная, лополитовая, гарполитовая, факолитовая. Размеры варьируют в широких пределах. Ограничения крупных массивов, как правило, тектонические. Массивы располагаются в зонах глубинных разломов, трассируя важнейшие структурные швы на континентах. Дуниты обычно серпентинизированы. В результате наложенного метасоматоза встречаются листвениты, жадеититы, талькиты.

Дунит-перидотитовая формация пространственно тесно связана с формацией натриевых базальтоидов – спилит-диабазовой. Г. Штилле полагал, что ее формирование обу-

словлено начальным (инициальным) магматизмом в эпоху начала формирования геосинклинальных трогов. Ныне выходы дунит-перидотитовой формации на поверхность объясняют выжиманием мантийного слоя в зонах взаимодействия литосферных плит. Массивы дунит-перидотитовой формации на территории России имеют позднепротерозойский, вендско-раннепалеозойский, позднепалеозойский, позднемезозойский возраст в подвижных поясах. С формацией связаны месторождения хризотил-асбеста, талька, жадеита, хромита, магнезита (Урал, Казахстан, Алтае-Саянская область, Кавказ, Корякское нагорье и др.).

Пироксенит-перидотитовая формация также распространена в подвижных поясах вдоль крупнейших зон глубинных разломов. Наряду с гарцбургитами, лерцолитами, дунитами, оливинитами в строении ее массивов участвуют бронзититы и вебстериты (Сарановский массив на Урале, Улутауский – в Казахстане, Аллареченский – на Кольском полуострове). Массивы пироксенит-перидотитовой формации обычно характеризуются линзовидно- и клиновидно-полосчатым строением. К массивам приурочены месторождения хромитов, хризотил-асбеста, сульфидная медно-никелевая минерализация.

К типичным ультрамафическим вулканическим формациям относится *кимберлитовая*. Провинции распространения кимберлитовой формации известны практически на всех древних платформах. Площади отдельных тел в этих провинциях не превышают 15 квадратных километров. Тела приурочены к зонам разломов и их пересечениям. Форма залегания тел – дайки, трубки взрыва, жилы, силлы. Внутреннее строение тел сложное и непостоянное. Обычно выделяются участки, сложенные массивными кимберлитами, эруптивной брекчией кимберлитов и туфобрекчией. Для пород характерно высокое содержание глинозема, калий преобладает над натрием. В кимберлитах встречаются ксенолиты различных пород: от эклогитов и кристаллических сланцев до песчаников и известняков. Кимберлитовая формация алмазоносна во многих регионах.

Ультрамафит-мафитовые формации. К этой группе отнесены перидотит-ортопироксенит-норитовая, дунит-

клинопироксенит-габбровая, верлит-габбровая, сиенит-габбровая, пикрит- и коматиит-базальтовые и др.

В *перидотит-ортопироксенит-норитовой* формации наряду с ультрамафитами и габброидами в подчиненном количестве присутствуют более кислые разновидности. Эту формацию иногда именуют «формацией расслоенных массивов». Это Бушвельдский массив в Африке, Мончегорский – на Кольском полуострове, Шельтингский массив на Сахалине, массив Седбери – в Северной Америке и многие другие. В строении массивов преобладают габбро-нориты, но участвуют дуниты, пироксениты, нориты, анортозиты. Массивы имеют форму крупных межпластовых лополитов, воронкообразных тел, даек. Распространены преимущественно на древних платформах и сформировались в эпохи их тектономагматической активизации.

Дунит-клинопироксенит-габбровая формация. Выделена как особый тип Ф.Ю. Левинсон-Лессингом на примере платиноносных массивов Урала. К этому же типу относится Саранский массив в Казахстане, массивы Корякского нагорья, березовский комплекс – на Сахалине. Массивы приурочены к протяженным зонам глубинных разломов, образуя изометрические в плане и подковообразные тела, уходящие на большую глубину. Внутреннее строение концентрически зональное. В массивах хорошо выражена полосчатость. Тела отчетливо дифференцированы по составу. Обычно дунитовое ядро заключено в габбро. Площадь, занятая габбро в десятки раз превышает дунитовые ядра, которые принимают за ранние фазы внедрения. Более кислые породы располагаются в кровле интрузивов. Дуниты обычно несерпентинизированы. Наряду с дунитами присутствуют пироксениты и верлиты. Нередко массивы окружены зонами ороговикования пород.

Верлит-габбровая формация. Примером является Пильгуярвинский массив на Кольском полуострове. Для формации характерно присутствие ультрамафитов в виде верлитов, лерцолитов. Габброиды и пироксениты представлены клинопироксеновыми разновидностями. Иногда выделяют также перидотит-пироксенит-норитовую формацию.

Для формаций ультрамафическо-мафической группы как правило характерны два типа строения: дискретно-дифференцированное и ритмично-расслоенное. Массивы

первого типа обычно имеют многофазовое строение. В расчлененных интрузивных массивах ультрамафиты связаны постепенными переходами с габброидами.

К ультрамафическо-мафической группе плутонических формаций также относятся формации *щелочных ультраосновных пород* – *сиенитов и карбонатитов*. Среди них выделяются формации натриевого и калиевого рядов. К формациям натриевого ряда относятся маймеча-котуйский и уджинский комплексы на Сибирской платформе, африкандаковдорский - на Кольском полуострове. Формациям калиевого ряда соответствуют красномайский комплекс Центрального Казахстана, инаглинский и чадобецкий Сибирской платформы. Оба типа формаций слагают массивы с отчетливо выраженным зональным строением, дифференцированные по составу. В зависимости от размеров и глубины эрозионного среза их минералогия несколько различается. В целом для них характерны месторождения апатита, нефелина, редкометальное оруденение, вермикулит и др.

Среди вулканических ультрамафит-мафитовых формаций выделяют *тикриит-базальтовую* (печенгская серия) и *коматиит-базальтовую* (парандовская серия) формации. Особый интерес представляет коматиит-базальтовая формация, характерная для раннедокембрийских комплексов фундаментов древних платформ. Участвует в строении зеленокаменных поясов на Африканской, Австралийской, Индостанской и других древних платформах. Представлена ассоциацией пород ультраосновного и основного состава – коматииты, их вулканические брекчии и туфы, коматиитовые базальты, толеитовые базальты, дуниты, перидотиты, габбро. Иногда присутствуют эффузивы кислого состава. Толщи имеют грубо ритмичное строение. С вулканитами в ассоциации находятся кремнистые сланцы, железистые кварциты. Коматииты составляют около одной трети от мощности формации. Это эффузивные аналоги перидотитов. В породах коматиит-базальтовой формации отмечается повышенное содержание магния, никеля, хрома и пониженное – титана и железа.

Мафитовые формации. К мафитовым формациям относятся: габбро-анортозитовая, анортозитовая, габбро-долеритовая, базальт-долеритовая (трапповая) формации.

Близкими являются габбро-анортозитовая (Коростеньский массив) и анортозитовая (массивы хребта Джугджур) формации. Анортозитовая формация сложена существенно анортозитами, которые сопровождаются нормальными габбро, норитами, габбро-пироксенитами. В габбро-анортозитовой — значительная доля принадлежит габбро и габбро-норитам. С анортозитами ассоциируют чарнокиты, сиениты, монцониты, граниты рапакиви. Формации образуют крупные куполовидные тела и пластины среди метаморфических комплексов. В крупных дифференцированных плутонах появляются также более кислые разновидности (до плагиогранитов) и ультрамафические (пикриты, клинопироксениты), являющиеся второстепенными членами породных ассоциаций (до 10%). Строение формационных тел зависит от их размеров. Маломощные дайки обычно однородны по составу. В крупных телах меланократовые породы располагаются в лежащем крыле, более лейкократовые в — висячем.

Габбро-долеритовая формация. Пространственно тесно связана с траптовой формацией, но иногда не сопровождается вулканитами. Обладает выдержанным составом: габбро, долериты, диабазы, габбро-нориты. Слагает различные по форме тела — дайки, штоки, силлы.

Вулканические мафические формации включают обширную группу так называемых базальтоидных формаций. К числу наиболее однородных по составу базальтоидных формаций относятся: базальт-долеритовая и спилит-диабазовая формации.

Базальт-долеритовая формация. Однообразная по петрографическому составу ассоциация пород, состоящая, главным образом, из долеритов и базальтов. Образует мощные серии, состоящие из потоков и покровов лав, чередующихся с горизонтами пирокластов. В литературе известна также под именем траптовой формации. Площади базальтовых полей очень большие. Гипабиссальные фации выражены дайками, силлами долеритов, габбро-долеритов. Сформировалась за счет достаточно однородной толеитовой магмы. В зависимости от присутствия пород разной степени щелочности

и основности иногда разделяется на подформации. На Сибирской, Индостанской, Африканской и других платформах заполняет трапповые синеклизы. На Индостанской и Южно-Американской платформах в разрезе формации преобладают базальты, в Южной Африке – долериты, на Сибирской платформе и на Таймыре присутствуют как долериты, так и базальты. Содержит исландский шпат, агатоносна. Промышленные концентрации никелевых и медно-никелевых руд связаны с интрузивными фациями базальт-долеритовой формации. Все формации габбровой группы являются титаноносными.

Спилит-диабазовая формация. Типичная формация эвгесинклинальных систем. Выражена ассоциацией зеленокаменно-измененных базальтов – спилитов, диабазов. Иногда могут присутствовать кислые лавы. Сопровождается гипабиссальными интрузиями габбро-долеритов, габбро, перидотитов. Вулканические породы обычно находятся в ассоциации с кремнисто-сланцевыми, терригенными породами. Образует мощные толщи в разрезах разновозрастных складчатых областей (Урал, Алтай, Кавказ).

Среди базальтоидных формаций повышенной щелочности выделяют формации натриевых и калиевых базальтов.

Формация натриевых базальтов (оливин-базальтовая) – ассоциация с преобладанием оливиновых базальтов или спилитов среди трахибазальтов и др. Развита среди четвертичных серий вулканических островов Тихого и Атлантического океанов, в нижнем палеозое Алтае-Саянской области.

Формация калиевых базальтов (лейцитовых базальтов) – ассоциация с преобладанием щелочных калиевых пород: от лейцитовых базальтов до лейцитифиров. Субвулканические породы – калиевые лампрофиры. Характерна для молодых вулканических областей континентов.

Базальтовые формации типичны для подвижных областей и платформ, океанических и материковых блоков земной коры. Противопоставление базальтовых формаций материков и океанов многие считают неправомерным (Г.Ф. Макаренко). Т.И.Фролова и И.А.Бурикова [31], охарактеризовав магматические формации срединно-океанических хребтов (СОХ), внутреокеанических поднятий, глубоководных желобов, островных дуг и рифтовых зон континентов, показали сущест-

венные различия в содержаниях отдельных химических элементов в базальтах в разных структурах. Характерно, что щелочность пород возрастает при приближении к блокам континентальной коры.

Среди плутонических щелочных мафитовых формаций выделяют два ряда: натровый и калиевый. К натровому ряду относят формации фонолитов, щелочных габброидов и нефелиновых сиенитов. Это озерский комплекс на Кольском полуострове, кия-шалтырский, чикойский – в Забайкалье. К щелочным мафитам калиевого ряда относят формации щелочных габброидов, псевдолейцит-нефелиновых сиенитов – (ыллымахский комплекс на Алдане, ирисуйский – в Таласском Алатау и др.) Формации содержат апатитовые, нефелиновые, медно-кобальтовые и ильменит-титаномагнетитовые руды.

Мафическо-салические формации. Объединяют формации, сложенные основными, средними и кислыми породами. Обычно породы среднего состава в комплексах преобладают. Нередко эту группу называют гранодиоритовой. В составе группы сотрудники ВСЕГЕИ выделяют *тоналит-плагиогранит-гранодиоритовую* (сарбай-соколовский комплекс в Казахстане, тельбесский, змеиногорский – на Алтае, магнитогорский, турьинский – на Урале, абхазский – на Кавказе); *диорит-гранодиоритовую* (кызыл-сайский комплекс на Тянь-Шане, охотский и нижнеамурский на Дальнем Востоке); *габбродиорит-плагиогранитовую* (сабский комплекс на Северном Урале); *монцонит-сиенитовую формации*. Формации связаны с завершением геосинклинального и началом орогенного режима развития областей.

Тоналит-плагиогранит-гранодиоритовая *формация* представляет ассоциацию плагиогранитов, гранодиоритов, кварцевых диоритов, тоналитов с габбро и габбродиоритами. Образует крупные интрузивные массивы, имеющие сложное зональное строение. Площадь массивов измеряется десятками и первыми тысячами квадратных километров. Тела, как правило, имеют вытянутую форму, контролируемую глубинными разломами. В краевых частях массивы сложены габбро-диоритами, диоритами. Обычно ядерная часть массивов характеризуется более кислым составом. Интрузивные массивы формации почти повсеместно сопровож-

даются скарнами. Широко распространены на Алтае, в Туве, Джунгаро-Балхашской области, на полуостровах Кони и Тайгонос.

Габбродиорит-плагиогранитовая формация выражена ассоциацией пород от пироксенитов до плагиогранитов при резком преобладании амфиболовых пород среднего состава. Массивы имеют многофазное строение. Дайковый комплекс представлен габбро, диоритами. По петрографическим и геохимическим особенностям формация близка к формации тоналит-плагиогранит-гранодиоритовой.

Диорит-гранодиоритовая формация представляет собой ассоциацию диоритов, кварцевых диоритов, гранодиоритов, лейкократовых гранитов с габбро, габбро-диоритами, граносиенитами. Включает сложные многофазные батолитоподобные гипабиссальные интрузивы, штоки и нередко ассоциирует с дацит-риолитовой формацией. В связи с гранодиоритовой группой формаций промышленный интерес представляют месторождения железа, золота, меди, молибдена.

Монзонит-сиенитовая формация образована щелочными и субщелочными среднекислыми породами. Слагает мелкие гипабиссальные тела, штоки, дайки, реже — крупные массивы.

С мафическо-салическими формациями тесно связана группа фонолитовых и нефелин-сиенитовых формаций. В нее входят три формации: *нефелиновых агпаитовых сиенитов* (Хибинский, Ловозерский массивы); *псевдолейцит-нефелиновых сиенитов и трахитов* (сыннырский комплекс Прибайкалья); *нефелиновых миаскитовых и щелочных сиенитов* (ильменско-вишневогорский, кушвинский комплексы на Урале, заангарско-среднетатарский на Енисейском кряже, сангиленский и др.).

Интрузивные массивы имеют расслоенное концентрически зональное строение. Состав и строение массивов существенно зависят от их размеров. С ними связаны месторождения нефелиновых, апатитовых, редкометалльных руд.

Среди вулканических формаций характерны *базальт-риолитовая, базальт-андезитовая, андезитовая, трахиандезитовая, трахиандезит-трахибазальт-трахириолитовая.*

Базальт-риолитовая формация. Контрастная ассоциация с сочетанием эффузивов основного и кислого составов при

слабом развитии пород среднего состава. Соотношения кислых и основных членов ассоциации существенно варьируют, но, как правило, преобладают основные. Совместно с базальтами присутствуют андезибазальты, андезиты. Риолиты сопровождаются дацитами, трахидацитами. Лавы и пирокласты нередко ассоциируют с красноцветными терригенными породами. Формация характерна для орогенных областей.

В областях тектоно-магматической активизации распространена *трахибазальт-трахириолитовая формация* — ассоциация трахибазальтов, базальтов, андезибазальтов, андезитов и трахиандезитов, дацитов, риолитов, трахитов. Экструзивные тела образованы монцонитами и щелочными гранит-порфирами.

Базальт-андезитовая формация представляет собой ассоциацию двупироксеновых андезитов, метаандезитов, андезибазальтов, базальтов и их туфов. В качестве второстепенных членов могут присутствовать дациты, риолиты, трахиандезиты и трахибазальты. Обычны низкоглиноземистые базальты и высокоглиноземистые андезиты. Распространена в разрезе Курило-Камчатской островной дуги, в среднем кембрии Алтае-Саянской области. С базальт-андезитовой тесно связана *андезитовая формация*. Это ассоциация пород, в составе которой присутствует ряд от оливинового базальта до риолита при резком преобладании андезитов. Формация распространена в разрезе Охотско-Чукотского пояса, на Камчатке, Курильских островах. Обычно с ней ассоциируют полиметаллические, медно-молибденовые, золото-серебряные проявления, сурьмяная и ртутная минерализации.

Трахиандезитовая формация — ассоциация с преобладанием пород среднего состава с повышенной щелочностью. Присутствуют также базальты, трахибазальты, трахиты, риолиты. Нефелиновые и лейцитовые породы развиты редко. Содержит много пирокластиков. Состав формации подвержен существенным изменениям. Распространение формации связано с массивами внутри складчатых областей. Известна в нижнем девоне Минусинских впадин, в мезозойских впадинах восточного Забайкалья.

Нередко также выделяют трахитовую, трахиандезит-трахириолитовую и другие ассоциации.

Салические формации. Салические формации соответствуют собственно гранитовой и риолитовой группам формаций, представленных ассоциациями пород кислого и среднего состава при преобладании кислых разностей.

Гранитовая группа формаций включает формации: *гранитовую* (калбинский, шапшальский комплексы на Алтае, колымский в Якутии, вознесенский в Южном Приморье); *лейкогранитовую* (харалгинский и кукульбейский комплексы в Забайкалье, калдырминский – в Казахстане); *гранитов рапакиви* (салминский, коростеньский комплексы); *аляскитовую* (акчатауский комплекс в Центральном Казахстане, линнейский – на Чукотке); *гранит-граносиенитовую* (кукульбейский комплекс в Забайкалье, огнитский – в Восточных Саянах); *щелочно-гранитовую* (куналейский комплекс в Забайкалье, керегетас-эспинский – в Казахстане).

Гранитовая формация — ассоциация плутонических пород с резким преобладанием нормальных биотитовых гранитов при наличии гранодиоритов, диоритов и сиенитов. Набор пород, как правило, зависит от размеров тел. Интрузивные массивы – крупные батолиты, лополиты, штоки. Строение нередко многофазовое.

Лейкогранитовая формация — ассоциация амфибол-биотитовых, биотитовых, аляскитовых и аплитовидных гранитов, лейкогранитов с гранодиоритами и граносиенитами. Является гипабиссальным аналогом риолитовой формации, нередко образует с ней вулканоплутонические ассоциации. Обычно образует небольшие массивы, штоки, дайки вдоль разломов.

Аляскитовая формация представлена телами аляскитов, биотитовых и амфиболовых лейкократовых гранитов. Порода обогащена калием. Образует крупные секущие, а также мелкие тела. Сопровождается грейзенами, полями хрусталеносных пегматитов.

Гранит-граносиенитовая формация представлена гранитами, щелочными гранитами, щелочными и нефелиновыми сиенитами при практически полном отсутствии основных пород.

Формация гранитов рапакиви — ассоциация, включающая помимо гранитов также лабрадориты. Граниты порфи-

ровидные. Крупные овоидные выделения полевого шпата заключены в более мелкокристаллическую массу.

С гранитовой группой формаций связаны гидротермальные, пегматитовые, скарновые месторождения вольфрама, молибдена, олова, полиметаллов, железа, тантало-ниобатов, флюорита и др., причем каждая формация имеет свои особенности в специализации рудных концентраций.

К типичным вулканическим салическим формациям относятся *риолитовую, трахириолитовую, дацит-риолитовую*.

Риолитовая формация — ассоциация, состоящая преимущественно из лав и пирокластов риолитового, щелочно-риолитового, риодацитового, реже дацитового и трахитового составов. Породы среднего состава играют подчиненную роль; основного — отсутствуют. В разрезе широко распространены игнимбриты. Ассоциирует с гипабиссальными интрузивами гранитов. Распространена в разрезе сенона Охотско-Чукотского пояса.

Трахириолитовая формация — ассоциация щелочно-салических пород с высоким содержанием щелочей при одинаковых содержаниях оксидов калия и натрия. Распространена в Забайкалье, на Чукотке, в Алтае-Саянской области.

Дациит-риолитовая формация присутствует в разрезе кайнозойских образований Камчатки, Курил, Кавказа, слагает плиоцен-четвертичные вулканы Карпат, ряд комплексов Охотско-Чукотского пояса. Характерно высокое содержание оксидов кальция, алюминия, титана.

В целом салические формации характеризуют орогенный режим. Ассоциации пород повышенной щелочности присущи рифтовым структурам. Дациит-риолитовая, риолитовая, трахириолитовая формации нередко располагаются в ассоциации с интрузивными формациями гранитовой группы (лейкогранитовой, аляскитовой). Парагенезисы гранитовых и риолитовых формаций характерны для эпигеосинклинальных (коллизийных) орогенных областей и областей повторной тектоно-магматической активизации. Для риолитовых формаций в областях развития вулкано-плутонических структур обычна парагенетическая связь с месторождениями ртути, сурьмы, олова, алунита, меди, золота, вольфрама, свинца и цинка.

При анализе магматических формаций и установлении их

связи с современными тектоническими структурами широко используется так называемый «серийный подход», учитывающий содержание отдельных элементов в формациообразующих породах. Соответственно выделяют: толеитовые серии, известково-щелочные серии, умеренно щелочные (субщелочные) калиевые и натриевые серии и щелочные калиевые и натриевые серии.

Среди толеитовой серии выделяют: высокотитанистые толеитовые базальты и низкотитанистые толеитовые базальты. Как полагают, первые характерны для континентальных массивов, вторые – для островодужных систем. Кроме того, в толеитовой серии выделяют: высокомагнезиальные базальты, присутствующие в коматиит-базальтовых формациях, а также умеренно магнезиальные базальты, распространенные в пределах срединно-океанических хребтов.

Известково-щелочная серия включает низкомагнезиальные комплексы – андезитовые и высокомагнезиальные – бонинитовые. Известково-щелочные серии связывают со структурами окраин континентов (островные дуги, окраинные вулканические пояса, зоны коллизии).

Калиево-натриевые умеренно щелочные серии различают по содержанию титана: низкотитанистые (островодужные) и высокотитанистые (внутриконтинентальные). Также по титану различают щелочные серии. В зависимости от щелочности изменяется минерагеническая характеристика магматических комплексов.

8.2. МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ

Выделение в метаморфических сериях устойчивых парагенетических ассоциаций горных пород – необходимое условие картирования и изучения областей распространения метаморфических комплексов. Исследователи, работающие с метаморфическими комплексами, придерживаются двух взаимоисключающих точек зрения. Одна предполагает выделение метаморфических формаций как определенного типа (класса). Другая отрицает необходимость выделения метаморфических формаций, предполагая, что процессы метаморфизма не создают новые формации, а изменяют ранее возникшие. В результате главная задача при анализе метаморфических комплексов — реставрация их первоначально-

го состава и выделение «фаций метаморфизма».

В.В. Жданов /16/ убедительно показал, что процесс метаморфизма приводит к формированию пород с новыми структурой, текстурой, минеральным, а иногда и химическим составом, пород совершенно отличных от первичных. Таким образом, метаморфизм — это петрогенетический процесс, равный по значению процессу магматизма или метасоматоза; его продукты составляют элементы формаций метаморфического генезиса. К этому следует добавить, что метаморфические формации включают свой набор полезных ископаемых, нередко отличный от такового первичных толщ. Степень метаморфизма — важный показатель тектонической обстановки (режима), существовавшей после обособления первичного парагенезиса пород. Поэтому не только с общих позиций, но и для решения прикладных вопросов выделение метаморфических формаций представляется необходимым.

Реставрировать первичный состав метаморфических пород не всегда возможно. Достаточно надежно устанавливается первичный состав продуктов зеленосланцевой, а иногда — эпидот-амфиболитовой фаций. Установление природы пород амфиболитовой и гранулитовой фаций, особенно при интенсивном развитии процессов гранитизации, весьма сомнительно.

Естественно, что применять принцип актуализма для комплексов пород раннего докембрия необходимо крайне осмотрительно. Анализ структуры, текстуры, минерального и химического составов метаморфических горных пород приводит нередко к неоднозначным решениям при попытках реконструкции первичного состава пород. В то же время метаморфические серии необходимо картировать, выделять среди них геологические тела определенного состава и строения. Прогноз полезных ископаемых в метаморфических комплексах, оценка тектонического режима, обуславливающего степень преобразования первичных осадочных и магматических комплексов, — все эти задачи решаются при условии выделения метаморфических формаций и с помощью их анализа.

Классификация метаморфических формаций. К признакам, учитываемым при группировании метаморфических формаций, относятся: химический и минеральный составы

породных ассоциаций, их фациальная принадлежность, строение (однородность) формационных тел, тип и генетическая модель метаморфизма, степень метасоматических изменений, тектонические структуры и т. д.

В.И. Попов выделяет три петрогенетических типа метаморфических формаций: а) регионально-метаморфический; б) динамометаморфический; в) термометаморфический (контактово-метаморфический) и две группы рядов метаморфических формаций: ортометаморфическую, параметаморфическую. Ряд ортометаморфических формаций включает: метаультрабазитовые, metabазитовые, метаацидитовые формации; к параметаморфическим формациям относятся метасиалитовые, метасилицитовые, метакарбонатные, метагалогенные. Б.Я. Хорева предложила делить метаморфические формации на монофациальные (гранулитовой, амфиболитовой, зеленосланцевой, филлитовой фаций) и полифациальные (фемического профиля – метаморфические и ультраметаморфические, а также салического профиля – метаморфические и ультраметаморфические). При этом Б.Я. Хорева свою классификацию дополняет данными о возрасте монофациальных формаций, структурном и стадияльном положении полифациальных формаций. Выделенные ею формации представляют собой крупные формационные комплексы, например, слюдяно-гнейсо-амфиболитовый, филлитовый, эклогито-гранато-амфиболито-сланцевый и др.

А.А. Маракушев предпринял попытку увязать метаморфические формации с гранитообразованием в геосинклинальных поясах земной коры. Им выделены формации метаморфизма: 1) догранитного; 2) связанного с внедрением плагиогранитов; 3) связанного с развитием калиевых гранитов.

Как считают многие исследователи, наиболее строгой в плане системного подхода является классификация А.Б. Бакирова, основанная на двух признаках: набор пород и структура формации. Классификация выполнена в виде матрицы, состоящей из 225 ячеек, часть из которых заполнена реально существующими формациями, часть — пока пустует.

В. В. Жданов /16/ предложил выделять виды формаций на основе вещественного состава, роды — по принадлежности формаций к тектоническим структурам, семейства — по тектоническому режиму, обуславливающему существование

данных структур, подклассы — по степени метаморфических изменений пород (метаморфизованные и собственно метаморфические).

Из приведенных примеров следует, что даже к принципам классификации метаморфических формаций разные исследователи подходят по-разному. Имеющиеся классификации противоречат друг другу. Попытка объединения признаков вещественных и структурно-тектонических не обеспечивает стройности классификационных критериев. Наиболее определенными критериями можно считать минеральный состав пород, входящих в формации, который определяет и «фацию» метаморфизма, и принадлежность пород к определенной группе по их химическому составу, а также строение формаций, свидетельствующее о степени преобразования пород и, частично, о строении первоначального комплекса.

Одной из наиболее удобных для систематического описания является классификация, принятая составителями терминологического справочника /3/. В зависимости от преобладающих типов пород среди собственно метаморфических формаций могут быть выделены следующие преимущественные группы:

1. Ультрамафические формации: серпентинитовые, тальк-серпентинитовые, тальк-карбонатные, тальк-актинолитовые, биотит-амфиболитовые.

2. Мафические формации: актинолит-эпидот-сланцевые, эпидот-биотит-хлорит-сланцевые, глаукофан-сланцевые, альбит-гранат-амфиболитовые, амфиболитов и амфиболовых гнейсов, гиперстен-диопсид-плагноклазовые, эклогитовые, амфиболит-гранулитовые и др.

3. Салические формации: лептитовые, биотитовых гнейсов, биотитовых и биотит-амфиболовых гнейсов, биотит-гранатовых и гранатовых гнейсов, биотит-гиперстеновых гнейсов, кварцито-сланцевые, амфибол-гнейсовые и др.

4. Высокоглиноземистые формации: слюдяных сланцев, гранат-дистен-сланцевые, графитистых высокоглиноземных гнейсов и др.

5. Кремнеземистые формации: кварцитовые, пироксен-кварцито-гнейсовые.

6. Ферро-кремнеземистые формации: сланцево-лептитовая железисто-кремнистая, амфибол-магнетитовых

кварцитов и гнейсов, графитовых гнейсов, мраморов и железистых кварцитов, джеспилитовые, таконитовая, железисто-сланцево-гнейсовые и др.

7. Карбонатные: серицит-хлорит-мраморные, эпидот-актинолит-карбонатно-сланцевые, мраморно-эпидозитовые, диопсид-плаггиоклаз-кальцифировые, мраморно-гнейсовые.

В наименованиях формаций отражен набор главных членов парагенезисов, составляющих формации. С их более подробной характеристикой можно познакомиться в терминологическом справочнике. Перечисленные наименования отвечают только группам формаций, выделенным по составу. Деление групп на формационные типы — виды формаций в зависимости от структуры — не разработано.

Для формаций, именуемых метаморфизованными: диабаз-спилитовые, аспидные, кварцито-филлитовые и др. — реконструкция первичных парагенезисов пород не представляет трудностей. Это позволяет использовать для них классификации осадочных и магматических формаций.

Метаморфические комплексы вмещают разнообразные полезные ископаемые. Распространены железорудные месторождения, связанные с пироксеновыми и амфиболовыми магнетитовыми кварцитами и скарнами, а также с джеспилитами. Известны многочисленные месторождения высокоглиноземистого сырья (кианитовые, корунд-кианитовые сланцы, кордиерит-силлиманитовые сланцы с графитом, фосфатами), графитового, керамического сырья, слюд, редкометалльных пегматитов и др.

ЧАСТЬ II. АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

ГЛАВА 9. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ В РАЗРЕЗЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

9.1. ФАКТОРЫ, КОНТРОЛИРУЮЩИЕ ОБРАЗОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ И ИХ АССОЦИАЦИЙ

Вещественная неоднородность земной коры обусловлена перемежаемостью в ней различных типов ассоциаций горных пород (геологических формаций и их ассоциаций). Их состав, сложение, форма контролируются несколькими факто-

рами, из которых главным, по-видимому, является тектонический (геодинамический).

Накопление осадочных формаций происходит при взаимодействии нескольких процессов. Обычно главными среди факторов, определяющих накопление той или иной формации, называют: климат, палеогеографическую обстановку (суша, морской бассейн и др.), тектонический режим, петрофонд. Вряд ли кто будет сомневаться в том, что петрофонд, климатическая зональность и конкретная палеогеографическая обстановка определяют набор пород в бассейнах седиментации в отдельный промежуток времени. Одни сочетания пород накапливаются в условиях аридного климата, другие – гумидного, теплого или холодного. Положение береговой линии бассейнов и ее изменение приводят к накоплению морских или континентальных отложений, мелко- или глубоководных. Источники поступления материала также определяют состав осадков и т. д. Таким образом, для накопления единичного «набора» пород достаточны: петрофонд, климат, палеогеографическая обстановка. Другими словами, нужен привнос материала и его накопление в определенной ландшафтной обстановке. Чтобы «наборы» многократно повторялись и составили формацию, необходима устойчивость (или изменчивость в определенных пределах) данной палеогеографической обстановки на определенном участке земной поверхности, т.е. необходимы время и определенный тектонический режим, соответствующая геодинамическая обстановка. В результате можно с уверенностью говорить о том, что образование толщ – осадочных геологических формаций, контролируется тектоническими причинами. В то же время, при постоянном тектоническом режиме изменение климатической зональности, или местоположения площади относительно береговой линии (удаление или приближение источников поступления материала) – все это приводит к смене формаций.

Изменение формационной характеристики в разновозрастных отложениях может определяться одним из перечисленных факторов при постоянстве остальных. Изменения климата и петрофонда вызывают, прежде всего, смену состава отложений, изменения в тектоническом режиме сказываются в изменении состава толщ и в изменениях их строения

(характер чередования слоев, их мощность, степень выдержанности на площади). В еще большей степени тектоническим фактором контролируется размещение магматических формаций, поскольку состав и форма проявления магматизма зависят от глубины магматического очага, характера и направлений геодинамических процессов, состава блоков коры, с которыми связано проявление магматизма. Метаморфические формации контролируются также геодинамическими условиями, термодинамической обстановкой и составом первичных парагенезисов горных пород.

Более высокий ранг вещественных категорий – различные ассоциации формаций, бассейновые комплексы, контролируются сложной совокупностью многих факторов, роль которых обнаруживается при изучении латеральных и вертикальных рядов бассейновых комплексов.

Строение латерального ряда определяется, во-первых, *размерами палеобассейна*. Небольшие неоген-четвертичные межгорные впадины Тянь-Шаня заполнены, как правило, одной крупнобломочной полимиктовой грубослоистой формацией, которая сама выступает в роли структурной ассоциации. Во впадинах озера Байкал, Ферганской, Афгано-Таджикской происходит дифференциация толщ от крупнообломочных на их периферии до мелкообломочных, глинисто-мергельных, или глинисто-кремнистых, а также глинисто-ракушечниковых и других – в центральной части. При дальнейшем увеличении размеров бассейна число формаций в их латеральном ряду увеличивается, бассейновый комплекс приобретает сложное строение на площади.

Второй важный фактор – *рельеф и климат на прилегающей суше*, являющейся поставщиком обломочного материала для бассейна. Примеры современных бассейнов свидетельствуют, что объем твердого стока, поступающего в бассейн, зависит от влажности климата и характера рельефа. Даже при возвышенном рельефе в областях с засушливым климатом бассейн испытывает дефицит терригенного материала, что приводит к накоплению карбонатов, эвапоритов. Особое значение имеют крупные реки с большим объемом твердого стока. Местоположение устьев рек определяет размещение типов формаций в теле бассейнового комплекса.

Следующий фактор – *рельеф дна бассейна*, определяю-

ший степень контрастности латерального формационного ряда. Наличие барьеров на пути движения обломочного материала также обуславливает смену состава разновозрастных отложений на площади. При этом нередко генетически одинаковые структурные ловушки оказываются заполненными разными типами толщ.

Особое место занимает *вулканизм* как фактор осадконакопления. Вулканизм изменяет общий седиментационный фон в бассейне, создает контрастный рельеф, нарушает структуру латеральных рядов.

Структура вертикального ряда бассейнового комплекса определяется эволюцией всех ранее перечисленных факторов, эвстатическими колебаниями уровня Мирового океана и периодичностью проявления тектонических движений положительного и отрицательного знака на площади бассейна. Бассейновый комплекс объединяет формации, накопившиеся в течение одного тектоно-седиментационного цикла.

При существующей ныне степени изученности осадочных, магматических и метаморфических формаций далеко не все из них могут служить надежными индикаторами палеогеографической и палеотектонической обстановки. Для повышения степени достоверности формационного анализа каждую формацию необходимо рассматривать в парагенезе со смежными. Одинаковые по составу и строению толщи могут служить индикаторами разных обстановок в зависимости от их положения внутри формационного комплекса.

9.2. ФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ КАК СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Формационный анализ – это метод получения разнообразной геологической информации на основе имеющихся знаний о составе, строении, взаимоотношениях во времени и в пространстве геологических формаций или их частей. Информация касается:

- стратиграфической корреляции отложений на основе их ритмичности;
- палеогеографических обстановок времени накопления толщ и эволюции осадконакопления;
- палеотектонических режимов и типов палеоструктур времени накопления осадочных и осадочно-вулканогенных

толщ, стадийности в смене тектонических режимов и типов структур;

–палеогеодинамических обстановок эпох магматизма;

–закономерностей распределения типов деформационных структур в зависимости от состава и строения формаций;

–размещения полезных ископаемых и подземных вод, оценки их качества и количества;

–размещения площадей с различными инженерно-геологическими характеристиками.

Исходным материалом для получения информации являются: формационные карты различных масштабов, формационные профили (латеральные формационные ряды), формационные колонки (вертикальные формационные ряды). Формационные ряды отражают взаимоотношение как осадочных, так и магматических формаций.

Степень достоверности получаемой информации зависит от степени изученности типов геологических формаций, масштаба исследования, квалификации исполнителя.

В основе формационного анализа лежит сравнительно-исторический метод изучения осадочных и осадочно-вулканогенных толщ и магматических комплексов. Сравнительному изучению подлежат отдельные типы формаций и их части, ассоциации формаций разного ранга, ряды формаций, бассейновые комплексы формаций. Необходимое условие сравнительного анализа – одноранговость сравниваемых объектов. Сравнительное изучение деталей внутреннего строения осадочных формаций часто именуют фациальным анализом, для магматических формаций широко используют термин – фациально-формационный анализ. Все это относится к разным уровням формационного анализа.

Формационный анализ опирается, прежде всего, на установлении парагенетических связей. Можно не знать генезиса толщи, природы магмы, но на основании эмпирических закономерностей со всей определенностью утверждать о тектоническом режиме времени осадконакопления и магматизма, о полезных ископаемых, которые могут сопровождать данный тип геологической формации. Тем не менее, для получения наиболее достоверной информации, необходим генетический анализ осадочно-вулканогенных толщ, анализ совокупностей генетических типов отложений.

Важнейшим отправным моментом при формационном анализе являются целевые классификации формаций. В палеогеографических классификациях формации сгруппированы в зависимости от среды осадконакопления, климата, рельефа области осадконакопления, в тектонических и геодинамических классификациях — в зависимости от типов тектонических структур и режимов.

9.3. РЯДЫ ФОРМАЦИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРИ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ И ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЯХ

Наиболее четко положение формаций в пространстве выявляется при составлении и анализе вертикальных и латеральных рядов формаций (рис. 5, 6).

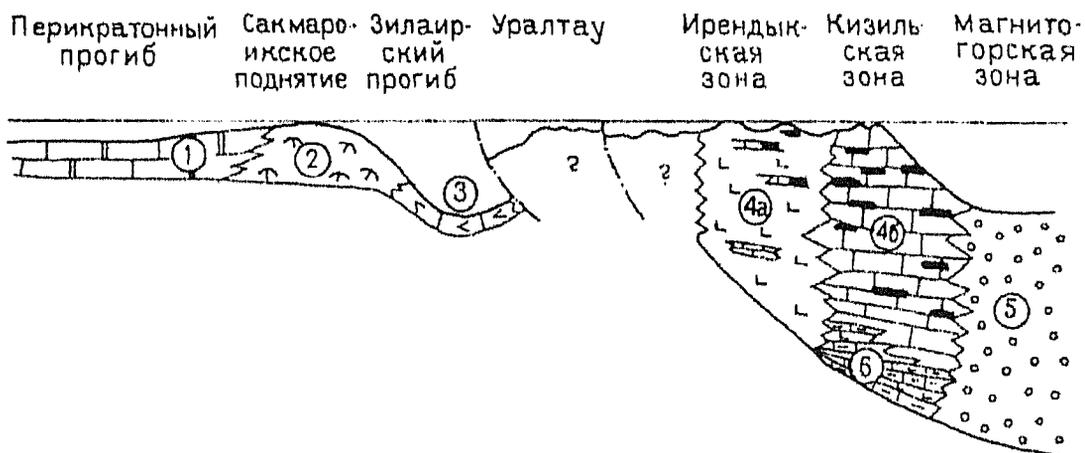


Рис. 5 Латеральный ряд визейско-среднекаменноугольных формаций южного Урала и Приуралья.

Цифры в кружках — формации: 1 — байтуганская известняков и доломитизированных известняков; 2 — сакмаро-икская известняковая банковорифовая; 3 — куруильская известняково-спонголитово-кремнистая; 4а — вулканогенно-карбонатная; 4б — кизильская рифоидная; 5 — гусихинская грубообломочная; 6 — березовская карбонатно-терригенно-вулканогенная. Черным показаны зоны окремнения. Разрез и наименования формаций по И.К. Королюк, И.А.Щекотовой, Е.Л.Меламуд, А.Д.Сидорову.

Латеральный ряд является показателем структурно-ве-

вещественной неоднородности разновозрастной осадочной оболочки Земли. Вертикальный ряд отражает структурно-вещественную неоднородность во времени. Каждый ряд характеризует строение более крупной вещественной категории (ассоциации формаций, бассейнового комплекса) в его горизонтальном или вертикальном сечении. Строение рядов характеризует строение ассоциаций формаций, комплексов. Ряды формаций подразделяют: по числу формаций, составляющих полный ряд; преобладающему вещественному составу формаций; степени контрастности состава и строения смежных формаций; степени полноты ряда; симметрии.

Анализ латеральных рядов формаций позволяет на основе вещественной неоднородности разновозрастных отложений выявить закономерности в изменении палеогеографической обстановки на площади, провести тектоническое районирование, выявить конседиментационные палеоструктуры (прогибы, поднятия, разломы), зоны вулканизма, расклассифицировать структурные формы по их вещественному выражению, выявить и обосновать минерагенические зоны и провинции и т. п. Анализ латеральных рядов формаций позволяет на основе

Анализ латеральных рядов формаций позволяет на основе вещественной неоднородности разновозрастных отложений выявить закономерности в изменении палеогеографической обстановки на площади, провести тектоническое районирование, выявить конседиментационные палеоструктуры (прогибы, поднятия, разломы), зоны вулканизма, расклассифицировать структурные формы по их вещественному выражению, выявить и обосновать минерагенические зоны и провинции и т. п.

Анализ вертикальных рядов формаций позволяет проследить эволюцию палеогеографической и палеотектонической обстановок во времени, установить этапность в развитии осадочных бассейнов и конкретных конседиментационных структур, проводить тектоническое районирование на основе особенностей тектонического развития регионов, устанавливать и прослеживать на площади временные рубежи, выраженные сменой состава толщ (рис. 6).

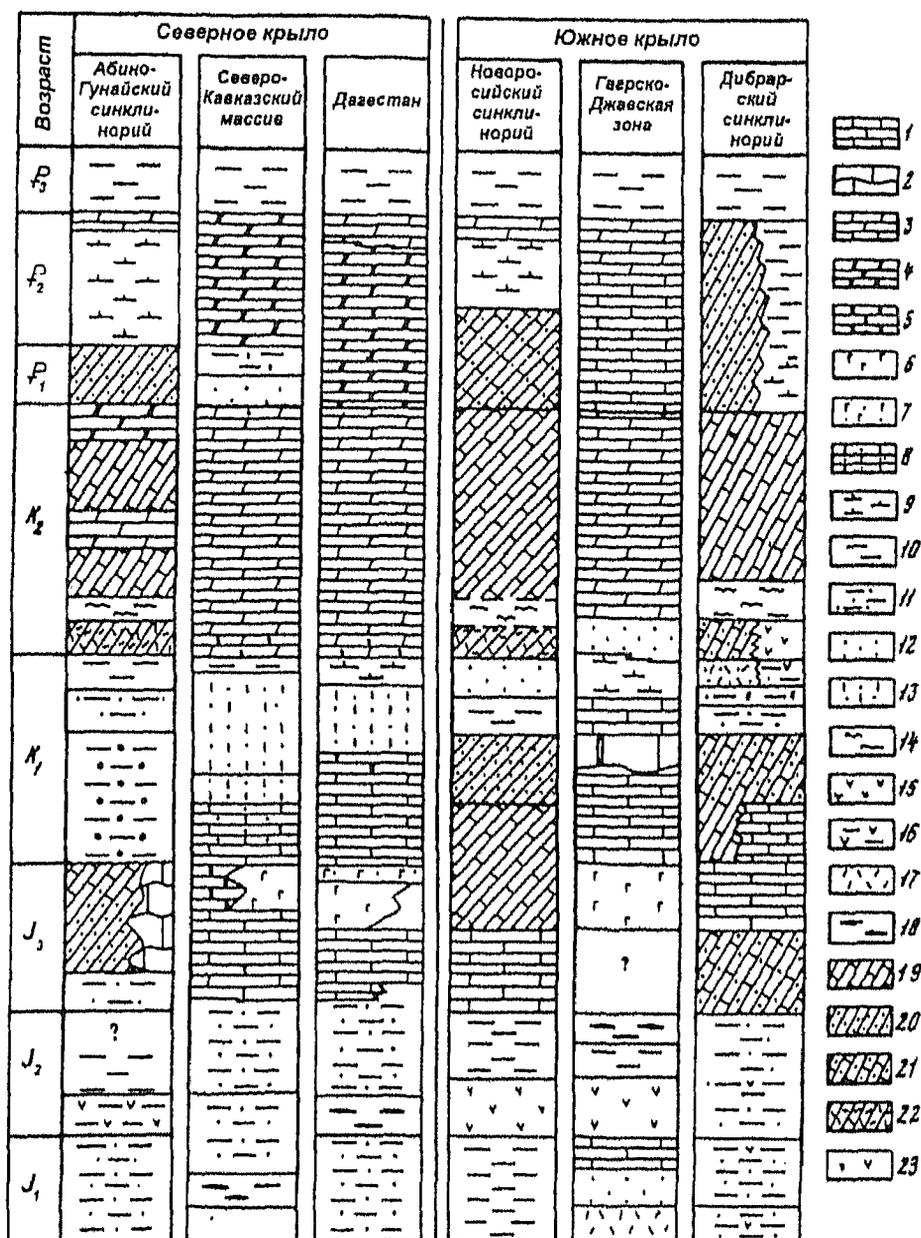


Рис. 6. Вертикальные ряды формаций юры-палеогена в разрезе мегантиклинория Большого Кавказа (Цейслер, 1977).

Формации и типы формаций: 1 – известняковые; 2 – рифовых известняков; 3 – мелоподобных известняков и мергелей; 4 – пестроцветных и сероцветных мергелей; 5 – доломитовые; 6 – соленосная; 7 – пестроцветная сульфатная; 8 – известняков и песчаников; 9 – мергельно-глинистые; 10 – глинистые; 11 – песчаниково-глинистые и глинисто-песчаниковые; 12 – песчаниковые, 13 – известняково-песчаниковые; 14 – карбонатно-кремнистые и глинисто-кремнистые; 15 – вулканогенные; 16 – вулканогенно-осадочные; 17 – туфовые; 18 – угленосные мелкообломочные; 19-22 – флишевые: 19 – карбонатные, 20 – терригенные, 21 – терригенно-карбонатные, 22 – туфогенные; 23 – включения глауконитов, прослой вулканитов.

ГЛАВА 10. АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ В СТРАТИГРАФИИ И ПАЛЕОГЕОГРАФИИ

10.1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ В СТРАТИГРАФИИ

Стратиграфия – наука о последовательности напластованных разрезов преимущественно осадочной оболочки земной коры. Объектом исследования стратиграфии являются разновозрастные осадочные и осадочно-вулканогенные серии. Задачи стратиграфии – две. *Первая задача* – расчленение разреза на отдельные элементы – стратиграфические подразделения – «стратонь». Стратонами являются пачки, свиты, горизонты, серии, ярусы, отделы, системы и т.д. Стратоны бывают местными (в том числе региональными) и международными и являются единицами соответствующих стратиграфических шкал. По принципам выделения различают стратоны биостратиграфические – выделенные на основе различий в ископаемых организмах и литостратиграфические – выделенные на основе различий в вещественном составе отложений. Соответственно в стратиграфии нередко различают разделы: биостратиграфию и литостратиграфию. *Вторая задача* стратиграфии – установление одновозрастности выделенных стратонов – стратиграфическая корреляция.

Расчленение разреза на толщи по особенностям вещественного состава и строения – задача стратиграфическая. Если при этом пользоваться критериями, применяемыми при выделении осадочных формаций, различия между литостратиграфическими подразделениями местной шкалы – свитами и осадочными геологическими формациями – не будет, поскольку принципы выделения литостратиграфических и формационных подразделений близки. Свита представляет собой однородную в петрографическом отношении толщу. Она должна быть легко узнаваемой на местности, пригодной для картирования. Границы свит обычно совпадают с границами конкретных формаций, выделяемых в регионе. Свита может быть мельче формации, если за ее ограничение в пространстве принят легко узнаваемый маркирующий пласт внутри достаточно однородной по составу и строению толщи. Иногда свита может быть крупнее формации. Как правило, формации, выделенные как вещественные категории земной коры, в конкретном регионе соответствуют свитам.

Каждая формация является элементом крупной тектоно-седиментационной цикличности /8/. Она занимает определенное место в разрезе «цикла», соответствуя определенному этапу развития палеобассейна. Если признать, что в едином бассейне тектоно-седиментационная этапность разновозрастна, то все формации, вне зависимости от их состава, занимающие одинаковое место в разрезе «цикла», являются разновозрастными. Стратиграфическую последовательность в эталонном стратиграфическом разрезе выражают в форме кривой, отражающей последовательные фазы трансгрессии и регрессии морского бассейна. Сравнивая кривые, составленные для частных разрезов, с кривой эталонного разреза, удастся провести корреляцию отложений, соответствующих начальной фазе трансгрессии, максимуму трансгрессии, начальной фазе регрессии, максимуму регрессии. В результате можно обосновать разновозрастность отложений одного седиментационного бассейна, выявить выпадение отдельных стратонов из разреза.

Рассматривая формации как элементы общей цикличности, удастся для крупных регионов уточнить границы стратиграфических подразделений (отделов, систем), которые, как известно, проводятся по смене комплексов ископаемых организмов. Различные группы организмов неодинаково реагируют на изменение палеогеографической обстановки. Одни вымирают быстрее, другие выживают более длительный срок. Поэтому границы, проведенные между стратонами по разным группам ископаемых организмов, оказываются на неодинаковых уровнях. Обоснование и уточнение местоположения границ стратонов (ярусов, отделов) на основе общей ритмичности осадконакопления актуально для морских отложений и особенно важно для толщ континентального происхождения, при их корреляции с морскими накоплениями. Использование формационного анализа в целях стратиграфии активно пропагандировалось В.И. Поповым, создавшим школу литологов в Средней Азии. Для стратиграфических подразделений, выделенных на основе оценки положения толщи в общей схеме цикличности (циклостратиграфических подразделений), им были предложены наименования: ритмопачка, ритмо-свита, ритмо-серия, ритмо-комплекс/25/.

10.2. ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

Геологические формации, генетические типы отложений и ландшафтные зоны. Палеогеография – наука о физико-географических обстановках Земли в прошлые геологические периоды. Палеогеография изучает древние ландшафты. Ландшафт – это единица физико-географического районирования – генетическая единица территории с однотипным рельефом, геологическим строением, климатом, общим характером поверхностных и подземных вод, закономерным сочетанием почв, растительности и органического мира. Древние ландшафты проявляются в составе осадочных и осадочно-вулканогенных комплексов, формах их тел и внутреннем строении, во взаимоотношениях комплексов друг с другом, в перерывах осадконакопления.

Ранее было отмечено, что каждую осадочную, осадочно-вулканогенную формацию можно рассматривать в качестве совокупности генетических типов отложений – совокупностей накоплений, сформированных в результате деятельности определенных процессов переноса и накопления осадков.

Размещение совокупностей генетических отложений на поверхности контролируется определенными типами ландшафтов. Соответственно, пространственное размещение осадочных формаций позволяет реконструировать палеоландшафты, палеоландшафтные зоны. Широкое распространение в разрезе аллювиальных, делювиальных, озерных отложений свидетельствует о былой аллювиально-озерной равнине. Наличие по соседству мелководно-морских отложений позволяет сделать вывод о том, что эта равнина была прибрежной. Распространение угленосных формаций свидетельствует о широком развитии заболачивания и т.д.

Для выявления палеоландшафтов проводится генетический анализ формаций – толщ. Его часто называют фациально-генетическим анализом. Специально изучаются структуры и текстуры пород и их изменение на площади. Выявляются минералы и горные породы – индикаторы обстановок осадконакопления (литофациальный анализ). Отдельно изучаются остатки животных и растительных организмов, их распределение в разрезе и на площади (биофациальный анализ). Литофациальному и биофациальному анализам посвя-

шены исследования литологов, палеоэкологов.

Приемы реконструкции палеогеографических обстановок.

Для реконструкции палеогеографических обстановок необходимо рассмотреть факторы, контролирующие накопление совокупностей пород. Такими факторами являются:

– геологическое строение области размыва. Определяет минеральный состав терригенного материала, сносимого в бассейн осадконакопления;

– рельеф области размыва и осадконакопления. Рельеф отражает режим тектонических движений и активность процессов денудации. Определяет гранулометрию обломков, выносимых в бассейн осадконакопления;

– климат – определяет характер и скорость процессов денудации, степень химического преобразования вещества (характер выветривания), объем возникающего обломочного материала, агенты транспортировки вещества и характер его концентрации;

– среда осадконакопления (водная – субаквальная, воздушная – субаэральная) может существенно различаться по температурам, глубинам, газовому режиму, термо-динамической обстановке, степени кислотности среды, направлениям и скорости перемещения среды (водные течения, воздушные потоки) и т.д. Среда осадконакопления определяет структурно-текстурные характеристики осадков, минеральный состав и степень преобразования первичных осадков;

– вулканизм как особый фактор, влияющий на состав и строение осадочных и осадочно-вулканогенных толщ, в связи с выбросами пирокластического материала, излияния лав, выноса гидротермами химических соединений.

Перечисленные факторы по-разному взаимодействуют друг с другом. Они взаимосвязаны и нередко взаимообусловлены. Совокупным действием нескольких факторов объясняется состав материала, поступающего в бассейн осадконакопления («петрофонд» по И.В. Хворовой).

Задачи палеогеографического анализа:

- 1) оконтуривание областей сноса и бассейнов осадконакопления;
- 2) выяснения характера палеорельефа области сноса, общих черт геологического строения, климатических особенностей, расположения палеодолин речных систем;

3) палеогеографическое районирование бассейна осадконакопления

–по рельефу поверхности осадконакопления (палеодепрессии, палеоподнятия)

–по климату и температуре среды осадконакопления

–по характеру среды и направлениям перемещения (застойная среда, области течений, их относительные скорости и направления)

–по палеобиоценозам

–по газовому режиму придонного слоя;

4) установление черт эволюции палеогеографических обстановок на определенных временных рубежах.

Все задачи решаются на основе принципа актуализма. Для решения первых трех задач, связанных с выявлением типов ландшафтов на площади пользуются анализом *латеральных рядов формаций*, изображенных на формационных профилях, на картах. Последняя задача, связанная с установлением эволюции палеоландшафтов, требует анализа стратиграфической последовательности формаций – *вертикального формационного ряда* или серии формационных карт, составленных для последовательных промежутков времени.

Некоторые приемы решения палеогеографических задач. Решение палеогеографических задач первоначально предусматривает стратиграфическое расчленение разреза и детальную стратиграфическую корреляцию выделенных ассоциаций генетических типов отложений – индикаторов палеоландшафтов. Палеогеографический анализ может проводиться на уровне формаций, подформаций и отдельных паек пород, слагающих формации.

Оконтуривание и районирование палеосуши. Палеосуша в геологическом разрезе фиксируется площадью отсутствия отложений соответствующего возраста. Как правило, площадь отсутствия отложений превышает площадь былой суши, так как при последующем погружении часть отложений, примыкающих к суше, оказывается размытой. Уточнение местоположения контуров суши проводится поисками литоральных отложений, дельтовых накоплений, прибрежных эоловых песков, дюн и т.д.

О рельефе суши мы судим, в первую очередь, по гранулометрии обломочных пород, выносимых в бассейн осадко-

накопления. Широкое развитие грубообломочных пород и толщ свидетельствует о горном рельефе, преобладание мелкообломочных и глинистых – о равнинном. О климате можно судить по степени химического выветривания отложений, наличию сохранившихся кор выветривания, объему твердого стока, поступающего в бассейн, наличию определенных пород-индикаторов: углей, каменной и калийной соли и т.д. О геологическом строении суши свидетельствует минеральный состав обломочных накоплений, выносимых в бассейн.

Например, наличие кварц-каолиновой формации на периферии бассейнового формационного комплекса свидетельствует о том, что климат на примыкающей суше был теплым и влажным, рельеф – равнинным. В пределах суши можно искать сохранившиеся коры выветривания, а на периферии бассейна – болотные накопления с пластами углей. Наоборот, серповидные тела грубообломочных полимиктовых формаций указывают на расчлененный горный рельеф на суше, а ширина шлейфов - на степень влажности климата.

О климате могут свидетельствовать ассоциации формаций. Широкое распространение карбонатных формаций свидетельствует в пользу теплого климата на суше. Ныне карбонатные отложения накапливаются в приэкваториальных бассейнах. Песчано-глинистые и глинисто-кремнистые толщи характерны для бореальных бассейнов. Примыкание карбонатных формаций к палеосуше позволяет предполагать засушливый климат, отсутствие сноса терригенного материала. Наличие дельтовых отложений среди терригенных формаций в краевой части осадочного бассейна свидетельствует о имевшихся на суше речных долинах. Их ориентировку в пространстве можно предположить по форме дельты, а также проанализировав ориентировку разломов, которые могли контролировать речные палеосистемы.

Районирование палеобассейнов. Для палеогеографического районирования палеобассейна желательно построить формационный профиль «от берега до берега», чтобы иметь представление о положении «нулевой линии» – уровне вод в бассейне, или базисе эрозии на определенный момент времени. На основе материалов генетического анализа толщ удается построить гипсометрическую кривую поверхности осадконакопления, отражающую рельеф дна бассейна. Простран-

ственное размещение типов формаций позволяет уточнить рельеф дна бассейна, наметить разные типы положительных и отрицательных форм. Увеличенные мощности коралловодородослевых и других биогермных формаций указывают на расположение подводных поднятий, благоприятных для обитания рифостроящих организмов. Сопряженные с ними формации тонкослоистых известняков и мергелей будут фиксировать понижения рельефа дна бассейна. Несомненно, что разница в мощности биогермных формаций и сопряженных с ними тонкослоистых карбонатных, кремнисто-карбонатных позволит оценить глубину понижений дна бассейна.

Увеличение мощности осадочно-вулканогенных формаций за счет увеличения содержания прослоев лав позволяет фиксировать подводные возвышенности – вулканы. В областях накопления песчано-глинистых накоплений подводные возвышенности фиксируются уменьшением мощности формаций. На поднятиях, в силу подвижности среды, пелитовые частицы не осаждаются и будут снесены в соседние прогибы, увеличивая там мощность песчано-глинистых формаций.

В некоторых случаях структура формации позволяет судить о рельефе дна бассейна. Наличие подводно-оползневых складок, олистостромовых горизонтов свидетельствует о крутых склонах дна бассейна. Тонкослоистые и листоватослоистые толщи приурочены к понижениям дна бассейна, защищенным от течений.

При оценке рельефа дна бассейна необходимо учитывать строение зон фациальных переходов смежных разновозрастных формаций. Наличие протяженных «фациальных клиньев» у смежных формаций свидетельствует о пологом рельефе морского дна. Резкие фациальные границы свидетельствуют о наличии на дне бассейна уступов, которые могли быть связаны с конседиментационными разломами.

Степень подвижности среды осадконакопления определяется строением формаций и преобладающими типами структур и текстур горных пород. Направление и скорость перемещение среды осадконакопления также оцениваются по изменению структурно-текстурных признаков в породах, по ориентировке галек и их наклону. Можно с уверенностью говорить о том, что подвижная среда обычно богата кислородом, малоподвижная – скорее обеднена им. Соленость бас-

сейна, газовый режим определяются на основе минералов и пород-индикаторов. Важнейшее значение при этом имеет анализ ориктоценозов и составление схем зонального расположения биоценозов в бассейне. В последние годы исследования по палеогеографическому районированию именуют «бассейновым анализом».

В результате анализа латеральных рядов формаций и формационных карт составляются палеогеографические карты. Карты служат надежной основой для прогноза отдельных видов полезных ископаемых: углей, бокситов, каменной и калийных солей, россыпей металлов, стекольных песков, керамических глин, горючих сланцев, фосфоритов и проч.

Использование формаций для палеогеографических реконструкций позволяет обосновать только общую ландшафтную зональность. В случае необходимости выделения форм палеорельефа, уточнения деталей строения ландшафтных зон, необходимо формации делить на части и заниматься детальным лито- и биофациальным анализом.

Эволюция палеогеографических обстановок прошлых геологических периодов обосновывается анализом формаций-индикаторов в их стратиграфической последовательности, т.е. анализом вертикальных рядов формаций. Вертикальные ряды формаций в разных точках одного и того же бассейна осадконакопления выглядят неодинаково, поэтому для полного представления об эволюции бассейна необходим анализ серии формационных карт, составленных на площадь всего бассейна.

Палеогеографической обстановкой контролируется накопление горных пород на суше и в бассейне осадконакопления. Однако для того чтобы накопилась толща однотипных горных пород или однотипного переслаивания разных пород, соответствующая палеогеографическая обстановка должна длительно сохраняться на площади. Это возможно в том случае, если эта обстановка поддерживается определенным тектоническим режимом. В результате, если накопление типов пород на площади определяется ее палеогеографическими особенностями, то накопление толщ – тектоническим режимом, длительно сохраняющимся на данной площади. Поэтому мы вправе говорить о том, что формационная неоднород-

ность в строении земной коры обусловлена тектоническими причинами.

ГЛАВА 11. ТЕКТОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

Одним из методов тектонических исследований является метод анализа геологических формаций, или так называемый, формационный метод. Применение формационного метода способствовало развитию и углублению многих геотектонических идей. Идеи цикличности и направленности в развитии земной коры обосновывались с помощью формационного метода. Формационный метод вместе со структурным позволили осуществить тектоническое районирование земной коры на материках. Использование формационного метода способствовало выявлению палеотектонических структур на разных этапах эволюции земной коры, позволило детализировать одни положения классической геосинклинальной концепции и увидеть несостоятельность других.

Тектонический режим области осадконакопления запечатлен в вещественном составе толщ, но, прежде всего, он проявляется в сложении формаций – строении наборов пород и характере их повторяемости в разрезе формационной залежи. Тектонический режим бывает отчетливо проявлен в особенностях формы тел геологических формаций.

При тектонической интерпретации отдельных осадочных геологических формаций не следует забывать, что их вещественный состав в конкретном бассейне (или на его значительной части) зависит как от размеров бассейна, так и от его положения в климатической зоне, а также от состава материала, поступающего с суши. Поэтому смена одного типа формаций другим по латерали и по вертикали может быть объяснена не только тектоническими причинами. Более того, тектонический фактор, контролирующий размещение формаций в бассейне, в значительной степени бывает обусловлен развитием структур глобальных, на 1–2 порядка крупнее, чем сам бассейн и присутствующие в нем локальные структурные формы. Развитие локальных структурных

форм приводит к искажению общей картины пространственного и временного распределения осадочных толщ, predeterminedной развитием бассейна как целостной тектонической структуры. Поэтому при тектонической интерпретации формаций необходимо учитывать специфику осадконакопления в конкретном бассейне как в самостоятельной системе. Локальные конседиментационные структуры обычно выделяются как аномалии общего «седиментационного фона» в бассейне.

Результаты тектонической интерпретации формаций зависят от нескольких предпосылок: от используемой тектонической классификации формаций, объема толщ, выделяемых в ранге формационной единицы, соответствия рангов анализируемых вещественных и структурных объектов.

11.1. ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ТЕКТОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ФОРМАЦИЙ

Тектонический анализ геологических формаций осуществляется на основе выявления, сравнительного изучения и интерпретации вещественных неоднородностей, наблюдаемых в земной коре.

Основными задачами тектонического анализа являются:

1. Разграничение областей, отличающихся типами структурных форм и историей развития последних, — тектоническое районирование.

2. Установление времени заложения крупных структурных форм, этапов их развития, последовательности преобразований.

3. Типизация структурных форм и их систем по вещественному выражению в разрезе.

4. Установление времени проявления и качественная оценка амплитуд перемещений (вертикальных и горизонтальных) смежных тектонических структур.

5. Глобальная корреляция тектонических движений.

6. Определение возрастных и пространственных связей тектонических движений и магматических процессов.

Основным методом решения поставленных задач является сравнительный анализ на основе широкого использования принципа актуализма. Сравнительный анализ осуществляет-

ся двумя приемами, известными в литературе как анализ латеральных и вертикальных рядов формаций.

Анализ латеральных рядов используется при палеотектонических реконструкциях земной коры на определенный этап времени, соответствующий веку, несколькими векам, эпохе. Для этого строится профиль вкрест простирания структурных форм. На профиле изображаются разновозрастные ассоциации горных пород со всеми присущими им характеристиками состава, сложения, формы (мощности), генетическими признаками, фациальными и стратиграфическими границами. Составление профиля с изображением фациальных взаимоотношений толщ, сравнение всех их параметров (как формационных категорий) при переходе от одной современной структурной формы к другой, изучение зон сочленения смежных разновозрастных толщ — все это позволяет выявить конседиментационные тектонические структуры (прогибы, поднятия, разломы) и их типизировать.

Анализ фациальных взаимоотношений иногда выполняется для ассоциаций горных пород разного иерархического уровня. Это могут быть части одной формации, смежные по латерали конкретные формации, смежные части латерального ряда, в которых формации объединяются по структурным и вещественным признакам (флишевые формации, карбонатные формации и проч.). В зависимости от объема сравниваемых «единиц» с помощью латеральных рядов выявляются различные по иерархии конседиментационные структуры — от локальной антиклинали до крупного седиментационного бассейна. Наибольший эффект может быть получен при составлении профиля, изображающего фациальные взаимоотношения формаций «от берега до берега» палеобассейна.

Анализ латеральных рядов формации позволяет выявить конседиментационные структурные формы (складки, разрывы), провести их типизацию, оценить масштабы последующих горизонтальных перемещений (в случае локальных нарушений строения латерального ряда формаций), провести палеотектоническое районирование, увязать типы разрезов с типами структурных форм. На основе латеральных формационных рядов составляются палеотектонические профили на соответствующие временные интервалы. Серия параллельных формационных профилей позволяет составить фор-

мационную карту, на которой выделяются конседиментационные прогибы и поднятия.

Анализ вертикальных рядов заключается в изучении стратиграфической последовательности ассоциаций горных пород на площади произвольно выбранной структурной формы (антиклинорий, синклинорий, массив, структурная зона). Объем стратиграфической последовательности формаций в конкретной зоне может быть разным. Выделяют тектонически полные и неполные вертикальные ряды. Полный ряд — это стратиграфическая последовательность формаций одного тектонического цикла, в котором формации закономерно сменяются, фиксируя крупный седиментационный мегаритм. Каждая формация в такой последовательности выступает как элемент мегаритма. Неполные ряды связаны с выпадением из разреза отдельных элементов мегаритма, с последующим размывом.

Установленная стратиграфическая последовательность формаций сравнивается с последовательностью формаций на соседних структурах или с заранее выбранным эталоном. Сравнительный анализ позволяет выявить время заложения, отмирания и этапы в истории развития структурных форм. На этой же основе проводится тектоническое районирование с использованием историко-геологического принципа, коррелируются тектонические движения, устанавливается связь магматических проявлений с этапностью в развитии конседиментационных структур. Анализ вертикальных рядов формаций предусматривает одновременно изучение взаимоотношений формаций в разрезе, т.е. анализ перерывов и несогласий.

Тектоническая интерпретация формаций невозможна без анализа формы тел и их пространственных ограничений. Одним из типов ограничений являются стратиграфические несогласные границы. Анализ несогласий, который нередко выступает в роли самостоятельного метода тектонических исследований, в данном случае используется совместно с анализом вещества, заключенного в пространство между поверхностями несогласий. Это тем более важно, что поверхности несогласий являются антиподами осадочных формаций («антиформациями»), фиксируя при новом прогибании предшествующие положительные движения и соответ-

вующие им положительные структурные формы.

Возрастной диапазон анализируемой стратиграфической последовательности формаций может быть различным. Как правило, рассматривается последовательность формаций внутри объема одного тектонического цикла (байкальского, герцинского, альпийского и др.), но возможно изучение стратиграфической последовательности в объеме конкретного стратиграфического подразделения (системы, нескольких отделов и т.д.). Можно сравнивать стратиграфическую последовательность частей одной формации (направленность в изменении состава и строения), ассоциаций формаций разных иерархических уровней.

Совместный анализ латеральных и вертикальных рядов позволяет типизировать крупные структурные формы, выделять структурно-формационные зоны, обосновывать структурно-формационное районирование. Анализ вертикальных и латеральных рядов осадочных формаций тесно связаны, поскольку обычно преследуют одну цель – выявить и тектонически проинтерпретировать закономерные связи во взаимоотношениях тел внутри одного объема – тела структурной «мегаформации», соответствующей объему осадочного палеобассейна.

11.2. ПРИЕМЫ ТИПИЗАЦИИ СТРУКТУРНЫХ ФОРМ

На примере неотектонических структурных форм, выраженных в рельефе поверхности земной коры поднятиями и прогибами, устанавливаются взаимоотношения типов структурных форм и комплексов отложений, которые могут накапливаться в их пределах. На основе изучения взаимоотношений новейших структурных форм и геологических формаций устанавливаются формации-индикаторы типов структур. Формации-индикаторы также выявляются при изучении последовательности отложений в хорошо изученных структурных формах на платформах и в складчатых областях. На этой основе создаются тектонические классификации формаций. Тектонические классификации формаций предусматривают разделение всего многообразия типов формаций в зависимости от их пространственной приуроченности к типам тектонических форм. В некоторых случаях можно говорить о приуроченности типов формаций к этапам эволюции крупней-

ших структурных форм.

Н.С. Шатский и Н.П. Херасков выделяли три тектонических класса формаций: платформенный, геосинклинальный и орогенный. Это группы формаций, которые типичны для областей с платформенным, геосинклинальным и орогенным режимами. В.И. Попов наряду с указанными классами выделял океанические формации.

В зависимости от типов структур на платформах различаются формации, образующиеся на щитах и плитах. Для щитов характерны различные коры выветривания, обломочные красноцветные и сероцветные толщи континентального происхождения, вулканиты кислого и щелочного состава. Плиты в истории представляли собой шельфовые бассейны, в которых, в зависимости от климата и степени изолированности бассейна, могли накапливаться различные типы обломочных, карбонатных, сульфатно-хлоридных и смешанных формаций. Важнейшим признаком, свидетельствующим о принадлежности формации к классу платформенных, является плащеобразная форма их залежей, устойчивость внутреннего строения на больших площадях. Индикаторами платформенного режима являются мелкообломочные кварцевые и кварц-каолиновые формации, формации глауконит-гидрослюдистых глин с желваковыми фосфоритами, формации слоистых биогенных известняков, глинисто-опоковые формации и многие другие.

Для орогенных областей наиболее характерны грубообломочные толщи, получившие в литературе наименование моласс. Молассы представляют собой продукт размыва растущих горных поднятий и их возраст определяет время горообразования. Наряду с грубообломочными толщами в орогенных областях в изолированных и полуизолированных прогибах (предгорные, межгорные, внутригорные впадины) нередко накапливаются сульфатно-хлоридные, терригенные мелкообломочные полимиктовые, в том числе угленосные, глинисто-кремнистые формации. Иногда присутствуют карбонатные формации. Обычны вулканогенные формации преимущественно кислого состава. Форма тел орогенных формаций обычно асимметричная, размеры бассейновых комплексов небольшие, распространение на площади прерывистое.

Особое место отводится так называемым рифтогенным формациям. Они также накапливаются в обстановке резко расчлененного рельефа поверхности земной коры. Состав осадочных формаций орогенных и рифтогенных структур примерно одинаков. Отличия могут быть установлены при анализе вертикальных и латеральных рядов формаций указанных типов структур.

Черты сходства и различий между формациями рифтов и орогенных впадин выявляются при рассмотрении хорошо известных современных рифтов на континентах, впадин Альпийской орогенной области, а также впадин областей неоген-четвертичной активизации центральной части Азии. Надо подчеркнуть, что задача разделения рифтовых и нерифтовых грабенообразных структур чрезвычайно сложная. Классическими рифтами, возникшими в результате раскалывания сводообразных поднятий и растяжения земной коры, являются: Рейнский, Ронский, Восточно-Африканская система, Аденский, Красноморский, Калифорнийский, Байкальский и др. Среди впадин орогенных областей выделяют две категории: межгорные и предгорные. Их наименование свидетельствует о том, что разделение впадин основано на принципе их положения относительно горных поднятий и только. Природа этих впадин может быть различной. Не исключено, что некоторые из них имеют рифтовую природу. Например, Предальпийский прогиб продолжается Ронским рифтом, Предрифский прогиб, нередко именуемый «Предрифским корридором», вероятно имеет рифтовую природу. Верхнеангарская, Чарская рифтовые структуры являются типичными внутригорными впадинами. Можно привести множество примеров впадин, природа которых неясна.

В орогенных поясах рифтовым зонам соответствуют протяженные узкие, так называемые внутригорные впадины. Типичные межгорные впадины крупнее внутригорных, они разделяют сводово-глыбовые поднятия, выраженные несколькими хребтами. Межгорные впадины нередко имеют изометричную форму в плане и бывают сопряжены с рифтами. В Альпийской орогенной области это Куринская, Рионская, Западно-Туркменская, Венгерская и многие другие впадины. Это Афгано-Таджикская, Ферганская, Иссыккульская, Алакольская, Зайсанская, Убсу-Нурская, Верхнезейская

и многие другие – в области неоген-четвертичной активизации Средней и Центральной Азии.

Ассоциации рифтовых формаций определяются положением рифтов в соответствующих ландшафтных зонах: гумидных, аридных, высокогорных, низкогорных, гипсометрическим положением днища рифтовых долин и их связью с морскими бассейнами. Процессы вулканизма не повсеместно сопровождают рифтогенез. Однако для многих рифтов характерны вулканические формации от основного до кислого состава повышенной щелочности. Обстановки осадконакопления в рифтовых структурах чрезвычайно разнообразны. В обстановке удаленной от морского побережья рифтовая ложбина обычно заполняется ассоциацией аллювиальных, пролювиальных, склоновых, местами ледниковых обломочных накоплений. Иногда здесь же присутствуют глинистые и кремнистые озерные осадки. В зонах гумидного климата типичны болотные торфяники. Вся эта совокупность типов отложений соответствует понятию «моласса» – продукту размыва и разрушения прилежащих относительных горных поднятий. Вблизи морского побережья ингрессии в рифтовые ложбины приводят к накоплению морских отложений от мелководных до глубоководных (Аденский, Красноморский, Калифорнийский рифты) с разнообразными типами осадков (глинистыми, кремнистыми, карбонатными, сульфатно-хлоридными). Это обуславливает разнообразие спектра осадочных формаций, характеризующих рифтовые структуры.

На примере краевых прогибов Альпийской складчатой области автором ранее была показана палеогеографическая обстановка и характер осадконакопления в структурах орогенных (коллизийных) областей. Межгорные впадины в Альпийской складчатой области, а также в области неоген-четвертичной активизации имеют крупные размеры. Они обладают нередко овалообразной формой в плане и разделяют крупные сводово-глыбовые поднятия, выраженные несколькими горными хребтами. Положение впадин в различных климатических зонах, по отношению к побережьям морей, различия в гипсометрических отметках днищ впадин и окружающих хребтов, размеры впадин – все это определяет своеобразие обстановок осадконакопления в них. В целом это повсеместно ассоциации озерных, аллювиальных, про-

лювиальных, склоновых, золовых, болотных типов отложений. В некоторых случаях они сопряжены с морскими и лагунными отложениями. Обломочный материал преимущественно полимиктовый, глинистый – гидрослюдистый. Типы пород и строение толщ также отвечают понятию «моласса».

Сравнение ассоциаций осадочных формаций рифтовых структур и впадин орогенных (коллизионных) поясов свидетельствует о том, что принципиальных различий между ними нет, поскольку обстановки осадконакопления одинаковы. Перечень формаций, встречающихся в рифтовых структурах и во впадинах орогенного этапа, един. Поэтому Н.П. Херасков включил их в один «орогенный класс» формаций. Тем не менее, при общем сходстве перечня формаций, существуют черты различия в строении ассоциаций формаций рифтов и впадин коллизионных областей, обусловленные природой самих структур.

Во впадинах орогенных областей, унаследовавших структуры предшествующего этапа, в основании разреза молассового комплекса нередко присутствуют отложения морского генезиса. В рифтовых структурах, возникших на сводах поднятий, в основании разреза залегают континентальные отложения, иногда это коры выветривания.

Среди впадин орогенных областей наряду с линейными нередко крупные изометричные прогибы, что предопределяет разнообразие форм тел залежей. Рифтовые долины всегда имеют линейную форму, а поэтому тела формаций обладают шнуровидной, лентовидной формами.

В основании разреза рифтов присутствуют формации кварцевые, кварцево-аркозовые, кварцево-каолиновые. В основании разрезов орогенных впадин обломочные формации граувакковые, полимиктовые.

В связи с последовательным расширением рифта, поперечные размеры формационных залежей увеличиваются вверх по разрезу, каждая вышележащая формация залегают трансгрессивно, переходя в краевых частях на дорифтовое основание. В орогенных областях в результате общего поднятия площади осадконакопления в межгорных впадинах сокращаются, краевые части впадин вовлекаются в поднятие, слои нижних горизонтов разреза деформируются. Поэтому

каждая более молодая формация занимает меньшую площадь и обычно имеет регрессивное строение.

При заложении рифтовой долины в обстановке слабо расчлененного рельефа во впадину сносится мелкообломочный материал. Углубление рифтовой долины и формирование расчлененного рельефа на ее бортах приводит к поступлению грубообломочного материала, что одновременно сопровождается расширением долины. В результате, наряду с появлением грубообломочных пород вверх по стратиграфическому разрезу рифта в его прибортовых частях, в осевой зоне рифта появляются отложения глинистые, кремнистые, мергельные и проч. В рифтовых долинах число формаций в латеральном ряду вверх по разрезу увеличивается.

В связи с ростом горных поднятий и сокращением площадей межгорных впадин в ходе орогенного этапа поперечные размеры предгорных шлейфов, образованных выносами с горных поднятий, увеличиваются. Постепенно шлейфы противоположных склонов гор сливаются, число формаций в их латеральном ряду сокращается. Отмеченные различия в строении ассоциаций формаций могут быть по-разному проявлены в различных регионах.

Для областей, которые называют геосинклинальными (вероятно это бывшие окраины континентов с впадинами типа современных окраинных морей, глубоководными желобами разных типов, линейными подводными и надводными поднятиями типа островных дуг, крупными поднятыми и опущенными массивами), характерен свой набор формаций.

Прогибы выделяются карбонатно-кремнистыми и глинисто-кремнистыми, яшмовыми, мелкообломочными граувакковыми и глинистыми формациями нередко с вулканитами основного и среднего состава. На погруженных поднятиях нередко карбонатные формации рифогенного типа. Широко развиты андезитовые формации и андезибазальтовые формации, а также спилит-диабазовые. Характерны флишевые формации разного состава. Большинство формаций имеют линейную форму тел. Внутреннее строение обычно резко меняется на коротком расстоянии.

Внутри областей, относимых к геосинклинальным (подвижным поясам), встречаются формации, которые по изометрично-уплощенной форме тел и вещественному составу

почти не отличаются от платформенных. Это формации чехлов срединных массивов – былых микроконтинентов, расположенных внутри подвижного пояса

Структурно-тектонические классификации формаций опубликованы разными авторами. Они близки по своей сути, так как представляют собой группирование формаций применительно к известным типам тектонических структур. На таких классификациях основаны ретроспективные построения.

Сложнее обстоит вопрос с ретроспективными реконструкциями, основанными на классификациях, учитывающих заранее выделенные этапы тектоно-седиментационных циклов (начало, середина, окончание).

А.И. Бурдэ /2/ сгруппировал ассоциации осадочных горных пород в Тихоокеанском подвижном поясе по их приуроченности к главным морфоструктурам дна морей и океанов и окраин континентов. В его классификации в качестве индикаторов морфоструктур выступают разноранговые ассоциации горных пород. Многие из них – общие для разных типов морфоструктур (см. выше).

Таким образом, типизация палеоструктур на основе формационного анализа – по их вещественному выражению в разрезе земной коры, обосновывается имеющимися тектоническими классификациями формаций, в которых типы формаций сгруппированы по типам выделяемых структурных элементов земной коры. Тектонические классификации во многом отражают субъективные представления их авторов. Несмотря на то, что большинство классификаций претендует на универсальность, не следует забывать, что они все составлены на примере отдельных регионов, отражают специфику регионов и не могут быть приложимы к любым объектам.

Использование геологических формаций в качестве индикаторов тектонических режимов и типов тектонических структур позволяет районировать территории, выявлять различные типы палеоструктур.

М.В. Муратов, анализируя парагенезисы формаций в отдельных зонах Альпийской складчатой области, выделил типы и разновидности прогибов по возрасту формаций-индикаторов и по составу отложений. Юрские прогибы им

названы начальными (инициальными), возникшими в начале альпийского этапа; мел00-палеогеновые – вторичными, возникшими в более позднюю его стадию. Начальные прогибы им разделены на два типа: вулканогенные и карбонатогенные; среди поздних прогибов выделены флишегенные и карбонатогенные. Каждая группа прогибов выражена разновидностями. М.В. Муратов полагал, что подобные типы прогибов, особенно инициальные и поздние, могут быть выделены также для всех тектонических этапов.

Подобная типизация прогибов важна для минерагенической оценки территорий, но в тектонике имеет скорее региональное значение. На примере впадин Предуралья легко показать, что генетически одинаковые прогибы могут быть выполнены различными формациями. В Коротайхинской и Косью-Роговской впадинах в перми присутствуют угленосные сероцветные обломочные формации, в Соликамской и Бельской впадинах развиты сульфатно-хлоридные. Это обусловлено тем, что цепочка впадин краевого прогиба располагалась поперек климатическим зонам. Различия в осадочном выполнении генетически одинаковых прогибов на западе Тихоокеанского пояса определяются удаленностью желоба от материковой суши, положением относительно устьев крупных речных систем, наличием барьеров между материковой сушей и желобом и т. п.

Типизация прогибов (поднятий) на основе анализа формаций позволяет выделить их разновидности в конкретном регионе. Выделяя разновидности прогибов, необходимо учитывать положение частного прогиба (поднятия) в более крупной структуре, в климатической зоне.

Типизация тектонических структур возможна также на основе стратиграфической последовательности формаций одного тектонического цикла, т. е. на основе сравнения их вертикальных формационных рядов.

Использование «общемирового» эталона для типизации конкретных структур может привести к неправильным выводам, так как каждый прогиб является частью более крупного седиментационного бассейна. Особенности осадконакопления, присущие этому крупному бассейну, определяют состав формаций в частном прогибе независимо от природы самого прогиба (рис. 7).

Стратиграфическое подразделение	Литология	Мощность, м	Формация и краткая характеристика парагенезов горных пород	Главнейшие осадочные полезные ископаемые
P ₃		300	Глинистая. Глины темные, листоватые, прослоен песчаников, алевролитов, глинистых сидеритов	
P ₂		100	Мелоподобных известняков и мергелей. Мергели и мелоподобные известняки, известковистые глины	
		60	Известняковая. Известняки органогенные нуммулитовые, органогенно-обломочные и оолитовые, алевролиты глауконитовые и песчаники	Фосфориты, глауконит
		50	Мергельно-глинистая. Известковистые глины и мергели	Опока
P ₁		20	Глинисто-мергельная. Мергели и мелоподобные известняки, известковистые глины	
K ₂		50	Песчано-известняковая. Известняки органогенные, органогенно-обломочные, песчаники глауконитовые, мергели	Карбонатные породы
		500	Мелоподобных известняков и мергелей. Известняки мелоподобные, мергели, писчий мел, глауконитовые песчаники, желваки кремней и фосфоритов	Фосфориты, бентонитовые глины, карбонатные породы
K ₁		400	Песчаниковая глауконитовая. Глауконитовые песчаники, алевролиты, глины, органогенно-обломочные и оолитовые известняки	Глауконит, фосфориты
		150	Глинисто-мергельная. Мергели и известковистые глины, глинистые сидериты	
		350	Известняковая. Известняки органогенные, органогенно-обломочные, оолитовые, песчаники, алевролиты глауконитовые	
		50	Известняковая. Известняки органогенно-обломочные, мергели, песчаники и алевролиты	
J ₃		100	Обломочные красноцветные. Красноцветные и пестроцветные песчаники, алевролиты, глины, гипсы	
		300	Соленосная. Глины, доломиты, ангидриты, гипсы, известняки, каменная соль	Каменная и калийные соли, рассолы, сера
		400	Известняковая. Известняки органогенные, органогенно-обломочные, оолитовые	Бокситы, стройматериалы, флюсы
J ₂		100	Глинистая. Глины известковистые, с прослоями мергелей, песчаников, алевролитов, глинистых сидеритов	Бурые железняки
		200	Глинисто-песчаниковая. Глины, песчаники, алевролиты, известняки, угли, пирокласты	Уголь, стройматериалы
J ₁		400	Песчаниково-глинистая. Глины, песчаники, алевролиты, органогенные известняки, угли	Уголь, стройматериалы, каолины
T ₃		50	Пестроцветная угленосно-бокситоносная. Глины, песчаники, алевролиты, угли, бокситы	Бокситы, уголь, бурые железняки

Рис. 7. Типовая стратиграфическая последовательность осадочных формаций в конседиментационных прогибах северной периферической зоны бассейна Тетис – модель регионального эталона (Цейслер, 1977).

11.3. ПРИЕМЫ ТЕКТОНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

Первые схемы тектонического районирования территории нашей страны были опубликованы в начале 30-х гг. М.М. Тетяевым, Д.В. Наливкиным, А.Д. Архангельским и Н.С. Шатским. Методическая основа тектонического районирования, использованная А.Д. Архангельским вместе с Н.С. Шатским, дополненная впоследствии их учениками (Н.П. Херасков, А.А. Богданов, М.В. Муратов, А.Л. Яншин и др.), получила широкое общемировое признание, так как опиралась на возникший в ту пору анализ геологических формаций. Н.С. Шатский и возглавляемый им коллектив геологов одновременно с разработкой методической основы тектонической карты СССР занимался разработкой основ учения о геологических формациях и его использованием для тектонического районирования.

Районирование основано на оценке возраста тектонических групп формаций, образовавшихся в обстановках основных трех режимов: платформенного, орогенного, геосинклинального, а также на оценке вещественного разнообразия формационных разрезов на площади.

Районирование по возрасту тектонических групп формаций. Формации-индикаторы каждого типа режимов известны. В зависимости от возраста комплексов, куда попадают формации-индикаторы, выделяются разновозрастные складчатые системы. Главным показателем является возраст наиболее молодых геосинклинальных формаций и время их смены орогенными формациями. Принцип тектонического районирования, основанный на анализе вертикальных рядов формаций, получил наименование историко-геологического. Важным критерием является оценка возраста гранитного магматизма. Господствовавшие во время накопления геосинклинальных формаций геодинамические обстановки растяжения в конце цикла сменяются общим сжатием – коллизией. Территории, где рифейскими толщами завершается разрез земной коры, представленный геосинклинальными формациями, вендские формации являются орогенными, большинство гранитоидов внедрялось на рубеже рифея-венда – выделяются в качестве областей *байкальской* складчатости. Если геосинклинальные формации распространены в венде

и нижней половине кембрия – это *салаирские* области. В них орогенные осадочные формации и гранитоидный магматизм проявились в позднем кембрии–начале ордовика. В *каледонидах* смена геосинклинальных формаций на орогенные падает на конец ордовика–силур. В *герцинидах* геосинклинальные формации продолжают вплоть до середины карбона и только верхнепалеозойские образования являются орогенными. Появление орогенных формаций в конце ордовика, в силуре, после которых следуют вновь геосинклинальные формации до середины карбона, позволяет выделять *каледоно-герцинские* системы (рис. 8).

По этому же принципу, в зависимости от времени смены геосинклинальных формаций орогенными в разрезе мезозоя, выделяются *раннемезозойские (индосинийские), киммерийские и ларамийские* области. Области, где мезозойские и палеогеновые геосинклинальные формации в неогене сменяются орогенными, именуется *альтйскими*.

Районирование можно также осуществлять по времени заложения прогибов в подвижных поясах. Появление в разрезе формаций, накопившихся в относительном глубоководье, тонкоритмичных с линейной формой тел, выше типично платформенных образований, свидетельствует об изменении тектонического режима с платформенного на геосинклинальный. Появление грубообломочных – молассовых формаций выше платформенных свидетельствует о проявлении так называемого эпиплатформенного орогенеза.

Анализ стратиграфической последовательности формаций позволяет выявлять эпохи относительной тектонической активизации и стабилизации тектонического режима на основе появления в разрезе формаций-индикаторов. При этом важно учитывать не только изменения вещества формаций, но также изменения в строении толщ, в формах их обособления.

Существенные различия в строении вертикальных рядов формаций смежных областей позволяет устанавливать структурно-формационную зональность и на этой основе осуществлять тектоническое районирование.

Районирование по типам разрезов. По особенностям вещественного состава формаций внутри разновозрастных областей нередко выделяют мио- и эвгеосинклинальные зоны. Миогэосинклинальные зоны – это области, которые характеризуются широким распространением карбонатных и терригенных формаций, в эвгеосинклинальных –

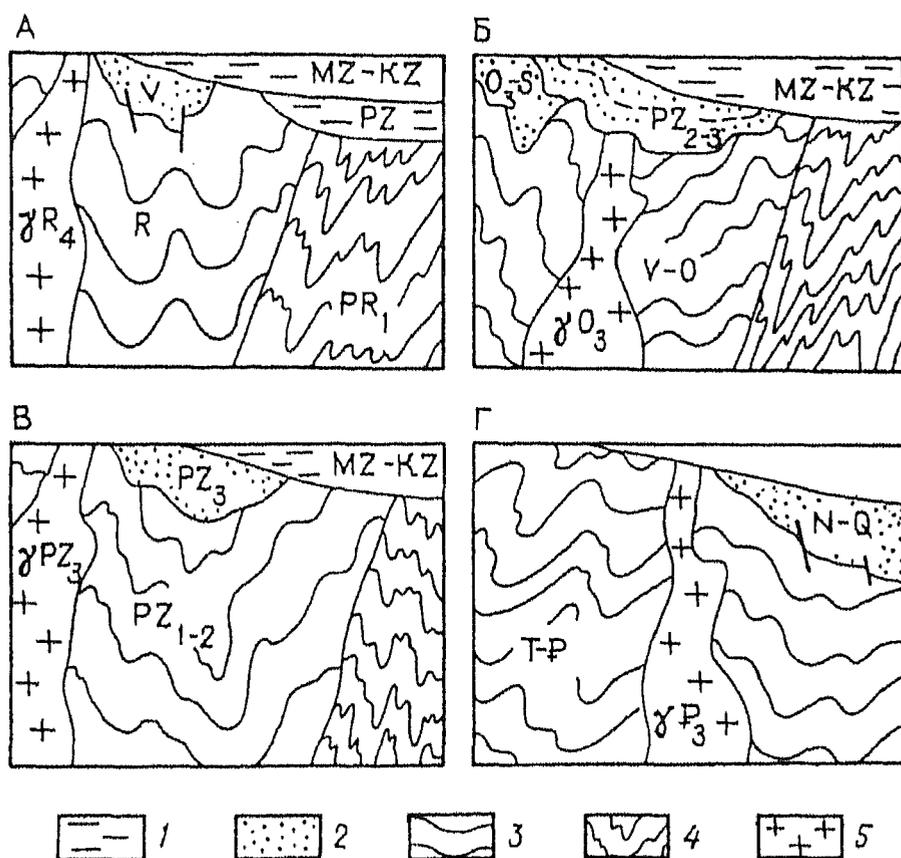


Рис. 8. Стратиграфические объемы и взаимоотношение тектонических групп формаций в разновозрастных складчатых областях:

1 – 4 – ассоциации осадочных и вулканогенно-осадочных формаций: 1 – платформенные, 2 – орогенные, 3 – геосинклинальные; 4 – метаморфические формации комплекса основания; 5 – гранитоиды; Разновозрастные области: А – байкалиды; Б – каледониды, В – герциниды, Г – альпиды

главенствуют вулканические и вулканогенно-осадочные. Зоны отчетливо проявлены на Урале, в Центральном Казахстане и др. Ныне такие зоны интерпретируют как бывшие пассивные и активные материковые окраины. Внутри

них на Урале, в Казахстане по типам разрезов среднего и нижнего палеозоя выделяются составляющие их структурно-формационные зоны второго порядка. Им соответствовали определенные морфоструктуры и их части. Ныне эти структурно-формационные зоны, как правило, разделены протяженными линиями разрывных нарушений. В зависимости от теоретических воззрений, каждая зона интерпретируется по-разному. М.М. Кухтиков на Южном Тянь-Шане многочисленными широтными структурно-формационными зонами интерпретировал как систему клавиш дна палеобассейна. Другие исследователи рассматривали структурно-формационные зоны как осадочные комплексы, накопившиеся на удаленных участках палеоокеана, ныне сближенные по надвигам.

Структурно-формационные зоны нередко выделяются не только по особенностям строения разрезов разновозрастных комплексов отложений (в одном случае – карбонатные, в другом – терригенные, в третьем – осадочно-вулканогенные и проч.), но также в зависимости от степени полноты разрезов разновозрастных комплексов. Выпадение из разреза частей стратиграфических комплексов свидетельствует о размывах, которые сопровождают положительные структуры. Структурно-формационная зональность является фактологической базой для палеотектонического районирования. Ее тектоническая интерпретация всегда определяется мировоззренческими позициями авторов.

Тектоническое районирование, основанное на геологических формациях, отражает неоднородность строения земной коры на формационном уровне. Анализ формационных рядов позволяет выявлять неоднородности, возникшие за длительный промежуток времени, разделять территории на структурно-формационные зоны. В зависимости от общетеоретических позиций, структурно-формационные зоны могут получить различное истолкование.

11.4. КОРРЕЛЯЦИЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ, СВЯЗЬ ТЕКТониКИ И МАГМАТИЗМА

Тектонические движения приводят к деформациям осадочных толщ, проявлению магматических процессов. В результате проявления тектонических движений в осадочных сериях формируются поверхности несогласий, позволяющие

выделять структурные этажи. Структурный этаж — это комплекс пород, отделенный от нижележащего и вышележащего поверхностями угловых несогласий, характеризующийся специфическим стилем деформаций, определенной степенью метаморфического изменения пород. Время проявления деформаций оценивается диапазоном стратиграфического перерыва между наиболее молодыми отложениями, входящими в нижний этаж, и возрастом базального горизонта верхнего этажа. Возраст базального горизонта фиксирует только время начала нового этапа прогибания.

Обычно возрастная корреляция тектонических движений осуществляется с помощью прослеживания на площади поверхностей угловых несогласий. Однако тектонические движения нередко проявляются локально, на палеоподнятиях. Диапазон стратиграфического перерыва может быть значительным если новый этап прогибания последовал через большой промежуток времени после времени проявления деформаций. В таком случае точно установить время проявления деформаций и провести корреляцию одновозрастных движений на площади оказывается затруднительным.

Если перерывы в осадконакоплении и угловые несогласия изучать совместно с изменением состава и строения геологических формаций, скоррелировать тектонические движения удастся вполне обоснованно. При этом необходимо выйти за пределы площади активного проявления тектонических движений в смежные прогибы, где эти движения не проявлены или проявлены слабо и разрез является практически непрерывным.

С моментами активного роста палеоподнятий и формирования поверхностей перерывов — несогласий совпадает время выноса более грубообломочного терригенного материала в смежные прогибы. Начало нового этапа прогибания, фиксируемое базальными конгломератами на поднятиях, в смежных прогибах проявляется появлением относительно более глубоководных отложений. В это время в смежных прогибах нередко скорость осадконакопления не компенсирует скорость прогибания. Если прогибание происходит быстро, то трансгрессивная часть оказывается слабо выраженной, она бывает представлена глубоководными мелкообломочными накоплениями. Разрез мелкообломочно-глинистой формации

в прогибах приобретает регрессивное строение. В результате, «базальной» формации с отчетливо выраженным трансгрессивным строением, перекрывающей поверхность углового несогласия на палеоподнятиях, в смежных прогибах могут соответствовать глубоководные мелкообломочно-глинистые, глинисто-кремнистые, кремнисто-карбонатные формации регрессивного строения.

Увязка магматических и тектонических процессов производится на основе оценки положения вулканических и плутонических формаций в разрезе тектоно-седиментационных ритмов. Составляется стратиграфическая последовательность формаций в регионе (вертикальный ряд формаций) и этот ряд – мегацикл увязывается с последовательностью магматических проявлений. Для магматических формаций нередко составляется самостоятельная стратиграфическая последовательность – ряд магматических формаций. Этот ряд увязывается с этапностью развития подвижного пояса, установленной на основе последовательности осадочных формаций.

Обычно выделяют «ранний», инициальный магматизм, соответствующий началу прогибания, общему растяжению земной коры, и «поздний» магматизм, совпадающий со второй половиной мегаритма, с процессами сжатия земной коры. С этим временем связывают эпоху максимальной дифференциации подвижного пояса. Как правило, инициальный (ранний) магматизм характеризуется высокой основностью магматических продуктов, во вторую половину мегаритма появляются кислые магматиты. Орогенный (коллизийный) этап развития подвижных поясов характеризуется преимущественно кислыми продуктами магматизма (гранитоидные формации, риолито-дацитовые формации), но могут быть и основные магматиты, повышенной щелочности. Для рифтогенного магматизма характерна повышенная щелочность.

Привязка магматических формаций к структурным элементам земной коры и литосферы позволяет также выявлять закономерности в характере магматизма внутриплитного, границ литосферных плит, материков и океанов, подвижных поясов и платформ, щитов, орогенов и проч. Последовательность магматизма, установленная при изучении вертикальных рядов магматических формаций, позволяет типизиро-

вать структуры с учетом особенностей длительных периодов их развития.

ГЛАВА 12. МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

Полезное ископаемое входит в состав парагенезисов горных пород в виде минеральных примесей в отдельных породах, обособленных минеральных скоплений; иногда является породой — членом парагенетической ассоциации, подчас слагая значительную часть формационного тела. В некоторых случаях полезное ископаемое присутствует как наложенное образование, связанное с воздействием на ранее обособившуюся ассоциацию пород минерализованных растворов, магматических проявлений и пр.

Присутствие того или иного типа полезного ископаемого позволяет выделять формации, специализированные по наименованиям полезного ископаемого: угле-, фосфорито-, боксито-, золото-, меде-, соленосные и др.

Скопление любого полезного ископаемого занимает объем осадочной, вулканической, метаморфической толщи или интрузивного комплекса, т.е. часть тела геологической формации. Изучение полезного ископаемого совместно с рудовмещающей толщей, установление корреляционных зависимостей качества и количества полезного ископаемого, форм его выделения от состава и строения толщи — важнейшее направление исследований при минерагеническом анализе формаций. Формационный критерий при прогнозной оценке территорий для многих полезных ископаемых имеет определяющее значение /9, 17/.

В общем виде задачи минерагенического анализа геологических формаций, , могут быть сформулированы следующим образом:

- установление прямых связей полезных ископаемых с типами геологических формаций;
- установление промышленной ценности формаций, отличающихся составом, строением, тектонической приуроченностью, но содержащих одинаковое полезное ископаемое;

—прогноз полезных ископаемых на основе типов рудоносных формаций, распространенных в регионе.

Эти задачи решаются с помощью составления формационных разрезов, колонок, структурно-формационных карт с вынесением на них всей совокупности сведений по минерагении формаций. Структурно-формационные карты являются наиболее надежной геологической основой прогнозных карт.

12.1. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ И ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ

Геологические формации, содержащие в разрезе полезное ископаемое, именуют рудоносными. По Д.В. Рундквисту, рудоносная формация — это разновидность геологической формации, включающая промышленно ценные концентрации полезного ископаемого [9]. Названия рудоносных формаций непосредственно определяются минерагенической специализацией формаций.

Поскольку в определение рудоносной формации входит понятие о промышленных концентрациях, постольку само понятие «рудоносная формация» перестает быть чисто геологическим и приобретает экономическую окраску со всеми вытекающими последствиями. Оказывается, что число рудоносных формаций определяется уровнем промышленного развития общества. Формация, которая еще вчера была «пустой» в отношении полезного ископаемого, сегодня может оказаться чрезвычайно интересной. По мере развития наших знаний и умения извлекать полезные компоненты потенциальная рудоносность каждого типа формаций будет увеличиваться. В сферу производственной деятельности человека вовлекается все больше видов минерального сырья. Ассоциации горных пород, еще недавно не представлявшие интереса для извлечения полезного компонента и использования его в народном хозяйстве, в настоящее время выступают как важные рудоносные формации нетрадиционных видов минерального сырья. В результате список специализированных на полезные ископаемые формаций будет последовательно увеличиваться и в дальнейшем.

Можно привести множество примеров, когда одна и та же парагенетическая ассоциация осадочных горных пород, заключая в себе целый комплекс полезных ископаемых, явля-

ется одновременно угле-, боксито-, ильменито-, нефтегазо-, водоносной и др. Некоторые соленосные формации одновременно серо-, меде-, йодо-, бромосны и т.д. Таким образом, есть формации монарудоносные и полирудоносные. В ряде случаев промышленные залежи разных видов сырья локализируются в различных частях формационного тела, иногда контуры их промышленного содержания совпадают, иногда пересекаются.

Как именовать формации, заключающие полезное ископаемое? Учитывать весь комплекс полезных компонентов (а он будет меняться) или отдавать предпочтение одному, двум ведущим полезным компонентам? Как определять ведущий полезный компонент — по объему запасов или по значимости в народном хозяйстве на данном этапе? Как ограничивать объем рудоносной формации? Позволяет ли наличие того или иного полезного ископаемого выделять подформации и как быть в случае большого числа полезных компонентов? Таких вопросов, решаемых по-разному специалистами, занимающимися отдельными видами минерального сырья, очень много.

Неопределенность в решении многих из перечисленных вопросов, связанных с применением учения о геологических формациях в минерагии, связана, прежде всего, с тем, что выделение специализированных на полезные ископаемые формаций, оценка объема толщ, пригодных для промышленного освоения, определяется, прежде всего, экономическими соображениями. Часть имеющих место противоречий в определении рудоносной формации удастся снять, если рассматривать рудоносную формацию как геологическую, включающую проявление полезного ископаемого *независимо от его промышленного содержания*. Тогда промышленно-рудоносная толща — часть геологической формации, включающая промышленные концентрации полезного ископаемого. Границы промышленно-рудоносной толщи можно определить, исходя из содержания полезного компонента. Положение границ меняется в зависимости от изменения кондиций. Границы промышленно-рудоносных толщ, содержащих разные полезные компоненты в составе одной геологической формации, проводятся по различным признакам. Они независимы внутри одной геологической формации.

В итоге рудоносные формации должны именоваться на основании общих принципов наименования геологических формаций с прибавлением названия полезного компонента. Наименования промышленно-рудоносных толщ определяются наименованием полезного компонента. Например, в разрезе верхнеюрской сульфатно-хлоридной (соленосной) формации в Юго-Восточной Туркмении, именуемой гаурдакской свитой, выделяются промышленно-рудоносная сероносная толща, соответствующая нижней пачке гаурдакской свиты, галитоносная и несколько калиеносных толщ. В разрезе любой угленосной формации (Донбасс, Кузбасс, Черемховский бассейн) выделяются промышленно-угленосные толщи и разделяющие их безугольные, содержащие пласты угля нерабочей мощности. Подобные примеры можно привести для кремнисто-железистых формаций, в разрезе которых выделяются пачки с промышленными и непромышленными концентрациями железных руд.

Среди рудоносных формаций различают рудоносные продуктивные, рудоносные материнские и рудовмещающие/9/. В продуктивной формации полезный компонент (горная порода, ассоциация минералов) обнаруживает генетическое единство со всем веществом формации, являясь ее составной частью. В рудовмещающей формации полезный компонент такого единства не имеет, будучи привнесен в формацию после ее образования. Напротив, рудоносная материнская формация может не содержать промышленных концентраций полезного компонента, но обнаруживает с ним тесную вещественно-структурную связь.

Понятия о рудоносных продуктивных, рудовмещающих, материнских формациях разработаны преимущественно на примерах взаимоотношения полезных ископаемых эндогенного происхождения с формациями осадочными, магматическими, метаморфическими и др. Тем не менее, эти понятия пригодны для полезных ископаемых осадочного генезиса.

12.2. РУДОНОСНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ГРУПП ОСАДОЧНЫХ ФОРМАЦИЙ

В решениях IV Всесоюзного литологического совещания (Ташкент, 1959) отмечено, что с осадочными формациями связана наибольшая часть полезных ископаемых, используе-

мых в народном хозяйстве: уголь, нефть, газ, горючие сланцы, соли, фосфориты, стройматериалы, огнеупоры, керамическое и стекольное сырье, флюсы, осадочное железо и марганец, бокситы, сера, ванадий, молибден, никель, кобальт, уран, медь, свинец, цинк, россыпи драгоценных металлов и редких элементов.

Угленосные формации. Угленосные формации распространены в разрезе земной коры с девона по кайнозой. Они объединяют разнообразные по вещественному составу (преимущественно мелкообломочные алюмосиликатные) и строению формации, в разрезе которых присутствует комплекс болотных отложений с присущими ему горизонтами торфяников. Угленосным формациям посвящена обширная литература (Г.Ф. Крашенинников, Г.А. Иванов, Е.О. Погребницкий, Ю.А. Жемчужников, П.П. Тимофеев и др.). На примере угленосных формаций разработаны многие идеи цикличности строения осадочных толщ.

Обычно это парагенезис склоновых, аллювиальных русловых, пойменных, дельтовых, озерных, болотных, прибрежных и мелководных морских отложений, накопившихся в обстановке гумидного климата на пространствах заболоченных аллювиальных и аллювиально-озерных равнин, в предгорьях на континентах и на крупных островных поднятиях.

Наибольший промышленный интерес представляют угленосные формации орогенного класса/28/. Они формировались в отрицательных структурах орогенных областей прошлых геологических эпох: в краевых прогибах, в межгорных впадинах (Кузнецкий, Воркутинский, Донецкий, Ленский угольные бассейны, а также многие другие). Меньшее промышленное значение имеют платформенные угленосные формации (Подмосковный, Черемховский угольные бассейны). Среди типично геосинклинальных формаций, накопившихся в морских, преимущественно глубоководных обстановках, угленосных формаций мало, так как торфяники могли образовываться только на прибрежных участках островов.

Угленосные формации обнаруживают четкую стратиграфическую приуроченность на платформах и в складчатых областях, обусловленную тем, что их накопление в больших

объемах происходило в моменты начала или завершения крупных тектоно-седиментационных циклов. Поэтому они, как правило, имеют асимметричное трансгрессивное или регрессивное направленное строение, осложненное ритмичностью более высоких порядков.

В северной и центральной Евразии угленосность на платформах отмечается в верхнем девоне, нижнем карбоне, перми, нижней и средней юре, в верхах нижнего и в верхнем мелу, эоцене, нижнем миоцене. Площади торфонакопления последовательно смещались в пространстве, следуя впереди фронта трансгрессирующих морских бассейнов и вслед за регрессирующим бассейном. В орогенных структурах и на примыкающих к ним участках платформ, угленосными являются: средний и верхний карбон, пермь, верхний триас, верхняя юра, верхний мел-палеоген и неоген. Эти толщи формировались в обстановке общих поднятий в ходе процессов тектонической активизации герцинской, индосинийской, верхоянской, ларамийской, альпийской фаз.

П.И. Степановым введены в литературу понятия о «поясах» и «узлах» угленакопления в прошлые геологические периоды. Геологический анализ этих понятий позволил увидеть в «поясах» области бывшего гумидного климата – климатические зоны благоприятные для развития высших растений. «Узлы» угленакопления формировались там, где в пределах гумидных климатических зон располагались благоприятные для захоронения растительных остатков отрицательные тектонические структуры. На платформах – это обрамление крупных синеклиз, занятых водами шельфовых морей (склоны щитов и антеклиз), рифтовые долины, мелкие впадины на поднятых блоках. В орогенных областях – это крупные межгорные и предгорные впадины.

Различия в вещественном составе (кварцево-каолиновые, граувакково-гидрослюдистые и пр.), внутреннем сложении (ритмичные мелкослоистые, грубослоистые и др.) алюмосиликатных и смешанных карбонатно-алюмосиликатных угленосных формаций во многом определяют их промышленную значимость в конкретных регионах.

Некоторые угленосные формации являются бокситоносными, золотоносными и алмазоносными, содержат запасы огнеупорных глин, стекольных песков. Они богаты редкими

элементами, часто характеризуются повышенным содержанием урана. В ряде районов они нефтегазоносны и практически везде содержат пресную воду.

Нефтегазоносные формации. Нефтегазоносные формации представляют группу «рудоносных» формаций, в которых полезное ископаемое не входит в состав парагенетической ассоциации пород. Формационному анализу нефтегазоносных формаций посвящена большая литература. Необходимость и результативность формационного анализа в нефтяной геологии отмечались Н.Б. Вассоевичем, В.Е. Хаиным, А.А. и Э.А. Бакировыми, Ю.К. Бурлиным, Н.А. Крыловым, И.К. Королук и др.

Как справедливо отмечали Н.А. Крылов и А.К. Мальцева/12/, нефтегазоносность присуща любому типу осадочных формаций, а высокая или низкая их продуктивность определяется объемами и качеством резервуаров, их соотношением с флюидоупорами, что зависит от вещественного состава и строения толщ.

Нефтегазоносными могут быть толщи любого возраста. Обычно нефтегазоносность связана с осадочными комплексами позднедокембрийских – кайнозойских отложений, но известны нефтепроявления и газопроявления в метаморфических породах раннего докембрия. С точки зрения нефтегазоносности наибольший интерес представляют алюмосиликатные (терригенные), карбонатные и смешанные терригенно-карбонатные толщи. Генетически это могут быть самые различные образования.

Минеральный состав *алюмосиликатных толщ* для оценки нефтегазоносности почти не имеет значения. Важны коллекторские свойства пород — их открытая пористость, проницаемость, зависящие от гранулометрии обломков и типа цемента, а также строение самих толщ. К числу формаций, благоприятных для нефтегазонакопления, относятся мелкообломочные формации морского и наземного происхождения, серо- и красноцветные, толсто- и грубослоистого ритмичного сложения. Наибольший интерес представляет чередование глинистых и мелкообломочных формаций. Значительная часть нефтегазоносных формаций имеет трансгрессивное строение с увеличением прослоев – относительных флюидоупоров вверх по разрезу.

Среди терригенных нефтегазоносных формаций Н.А. Крылов и А.К. Мальцева /12/ выделяют: песчаниково-глинистые платформенные, песчаниково-глинистые глауконитовые (на молодых платформах), песчаниково-глинистые угленосные, песчаниково-глинистые пестроцветные (красноцветные), тонкие молассы и дельтовые формации.

Алюмосиликатные и смешанные формации обладают высокими перспективами нефтегазоносности в чехлах молодых и древних платформ, в крупных орогенных впадинах. Нефтегазоносность для терригенных формаций, входящих в состав геосинклинальных комплексов, не характерна.

С точки зрения нефтегазоносности большой интерес представляют некоторые типы карбонатных формаций. По данным И.К. Королук и др./19/, около половины запасов нефти капиталистических и развивающихся стран приурочено к карбонатным формациям. Велико значение карбонатных формаций как коллекторов для нефтегазовых залежей на глубинах более 5 км, так как карбонатные породы не подвергаются уплотнению. В то же время разнообразные вторичные процессы в карбонатных толщах существенно влияют на изменение первичной пористости и проницаемости пород.

Нефтегазоносность бывает связана с различными типами карбонатных формаций. Особый интерес представляют карбонатные толщи рифогенного типа, образованные водорослевыми, кораллово-водорослевыми, археоциатовыми, рудистовыми известняками. При оценке перспектив нефтегазоносности карбонатных формаций очень важно выявить внутреннее сложение толщ: наличие в ее разрезе биогермных построек, продуктов их подводного размыва и изучить их соотношение с вмещающими слоистыми известняками. Вероятность открытия месторождений в рифогенных формациях очень высока в зонах сочленения платформ и складчатых областей, на бортах платформенных впадин, в краевых прогибах.

Сланценовые формации. Характеристике сланценоносности посвящены работы В.С. Вышемирского, С.И. Жмура, С.С. Баукова, Д.Т. Кузнецова, А.С. Левина и многих других исследователей. Сланценовые формации рассматриваются как энергетическое сырье и сырье для нефтехимической промышленности.

Промышленная сланценосность на территории Северной Евразии связана с карбонатными и алюмосиликатными (терригенными) формациями от венда по кайнозой включительно. Горючие сланцы в карбонатных толщах присутствуют в разрезе нижнего-среднего кембрия на востоке Анабарской антеклизы (Оленекский сланцевый бассейн) в нижне- и среднеордовикских отложениях Прибалтики (Ленинградская область и Эстония), во франских отложениях Приуралья и Притиманья (доманиковая толща), в фаменских — в Припятской впадине. Обычно для сланценосных карбонатных формаций характерны: повышенная кремнистость, присутствие доломитов, парагенезис с биогермными образованиями. Строение толщ во всех случаях тонкоритмичное, коэффициент сланценосности изменяется в зависимости от мелких конседиментационных структур.

Сланценосность, связанная с терригенными толщами, известна в разрезе верхнеюрских отложений на Восточно-Европейской платформе и в Забайкалье, в эоцене Афгано-Таджикской впадины и др. Промышленной сланценосностью обладают пачки в разрезе глинистых гидрослюдистых формаций, содержащих глауконит, желваковые фосфориты. Для этих пачек характерна тонкая ритмичность, обусловленная чередованием слоев горючего сланца, керогеновой глины и некерогеновой карбонатной глины.

Накопление промышленно-сланценосных толщ происходило преимущественно во впадинах палеобассейнов на платформах и в орогенных областях, где периодически была затруднена аэрация придонных вод.

Площади распространения сланценосных формаций рассматриваются как сланценосные провинции (А.К. Матвеев). Известны попытки выделения «поясов» и «узлов» сланценонакопления, подобных «поясам» и «узлам» угленакопления. Несомненно, что временные рубежи сланценонакопления соответствуют эпохам максимумов трансгрессий, а поэтому анализ сланценосности необходимо увязывать с тектоноседиментационной цикличностью. По мнению А. В. Турова, повышенная сланценосность глинистых формаций на уровне волжского яруса predetermined двумя факторами: наличием впадин — ловушек на дне бассейна и положением впадин в южной части семиаридной зоны бореального бассейна.

Большинство сланценосных формаций рассматриваются в качестве нефтематеринских толщ. Нередко они характеризуются промышленными содержаниями редких элементов.

Бокситоносные формации. Вопросам образования бокситовых месторождений посвящены работы А.Д. Архангельского, Г.И. Бушинского, И.И. Гинзбурга и др. Бокситоносность на территории бывшего СССР связана с осадочными толщами девона, нижнего и среднего карбона, перми, верхнего триаса и юры, верхнего мела-палеогена. Залежи промышленных бокситов известны в карбонатных толщах биогенных известняков и смешанных мелкообломочно-глинистых формациях. Промышленно-бокситоносные толщи приурочены к базальным частям седиментационных циклов. Генетически это парагенезисы элювиальных, склоновых, озерных, делювиально-пролювиальных отложений. Наибольший интерес представляют кварц-каолиновые, гидро-слюдисто-каолиновые формации пестроцветные и сероцветные, накопившиеся по окраинам крупных внутриплатформенных поднятий (щитов, массивов).

Выделяются месторождения, связанные с остаточными корами выветривания, и месторождения осадочные, представляющие собой переотложенные коры выветривания. Процессы химического выветривания, приводящие к полному разложению силикатов и образованию окисных соединений, возможны в условиях теплого влажного климата. Отмечается связь бокситоносности и угленосности. Промышленная бокситоносность легко увязывается с местоположением площадей относительно элементов палеорельефа. Особый интерес представляют поверхности палеопенепленов. Алюмосиликатные бокситоносные формации нередко включают промышленные залежи огнеупорных глин, стекольных песков.

Многие крупнейшие бокситовые месторождения приурочены к карбонатным формациям (Североуральский бокситовый район, месторождения Салаирского Кряжа, западного Тянь-Шаня). Залежи бокситов располагаются в основании трансгрессивно залегающих толщ известняков, перекрывающих закарстованную поверхность подстилающей также карбонатной толщи. Отмечается тесная связь промышленной бокситоносности с легко карстующимися разностями рифо-

генных известняков.

Маганценозные формации. Большой вклад в познание закономерностей строения и размещения марганцевых месторождений внес А.Г. Бетехтин. Среди экзогенных месторождений марганца выделяют остаточные, представляющие собой «марганцевые шляпы» — коры выветривания на породах, богатых марганцем, и осадочные — сформированные в мелководно-морских обстановках при размыве и переотложении продуктов выветривания пород основного состава. Маганценосны глауконит-кварц-гидрослюдистые формации с повышенной кремнистостью. Подобный тип формаций распространен в палеогене на Украине, в Грузии, Зауралье. В Казахстане (Джездинское месторождение) промышленно маганценозной является нижняя часть грубообломочной аркозовой формации девона, трансгрессивно перекрывающая нижнепалеозойские толщи. Маганценосными нередко являются кремнисто-карбонатные толщи. Особый тип маганценозных алюмосиликатных формаций — формация красных пелагических глин, формирующаяся в океанских котловинах.

Фосфоритоносные формации. Проблеме фосфоритоносности посвящены работы Н.С. Шатского, Г.И. Бушинского, Б.М. Гиммельфарба, А.В. Казакова, В.И. Покрышкина, Э.А. Еганова и др. Фосфоритоносными являются карбонатные и алюмосиликатные мелкообломочно-глинистые формации. На территории бывшего СССР промышленная фосфоритоносность приурочена к отложениям венда, кембрия, ордовика, юры, мела, палеогена.

Фосфоритоносными являются терригенные и карбонатные формации. Типы карбонатных формаций очень разные. Нередко это кремнисто-карбонатные и доломитово-известняковые, формации пясчег мела. Проявления фосфоритов в них также неодинаковы: от желваковых и зернистых до так называемых «пластовых» фосфоритов афанитовой структуры. Карбонатные породы фосфоритоносных формаций обычно содержат глауконит, песчаный и гравийный материал. Пояса распространения формаций с глауконитом и фосфоритами были выделены Н.С. Шатским на примере меловых и палеогеновых отложений юга Европы, северной Африки, Аравии, Среднего Востока.

Фосфоритоносность также типична для глинисто-глауконитовых, кварцево-глауконитовых формаций. В них присутствуют желваковые фосфориты. Обогащены фосфоритами базальные горизонты трансгрессивно залегающих толщ, горизонты «конденсации» ископаемой фауны.

Фосфоритоносные формации приурочены к платформам, срединным массивам в подвижных поясах и склонам палеоостровных гряд. Фосфоритоносностью характеризуются относительно мелководные морские отложения, сформировавшиеся в обстановке активных морских течений.

Э.А. Еганов /6/ на примере каратауской фосфоритоносной кремнисто-карбонатной ассоциации показал определенную «организованность» строения отложений, содержащих промышленные концентрации фосфоритов. Организованность фосфоритоносных толщ, выраженную последовательностью: нижний доломит, нижний кремень, нижний фосфорит, межрудная пачка, верхний фосфорит, верхний кремень, верхние карбонаты — он обосновывает на примере других фосфоритовых бассейнов. По его мнению, промышленная фосфоритоносность и типы руд различаются не по приуроченности к платформенным или геосинклинальным структурам, а по типам палеошельфов: на узких шельфах окраинных морей возникают микрозернистые фосфориты, на широких шельфах внутренних морей — желваковые, глауконитово-песчаные. Если учесть, что типы шельфов и впадин (окраинные и внутренние моря) — это тектонически обусловленные категории, тектоническим критерием при анализе фосфоритоносности пренебречь невозможно.

Соленосные и сероносные формации. К соленосным относится вся группа сульфатно-хлоридных формаций а также некоторые типы красноцветных алюмосиликатных мелкообломочных и глинистых формаций, содержащих прослой и линзы каменной соли. Стратиграфическая приуроченность, строение, структурное положение сульфатно-хлоридных формаций достаточно подробно рассмотрены в седьмой главе. Терригенные красноцветные соленосные формации пространственно и во времени тесно связаны с сульфатно-хлоридными. Они более широко распространены в отрицательных структурах орогенных областей, сформировавшихся в обстановке аридного климата. Их промышленная соленос-

ность обычно невысокая, калийные соли в них отсутствуют.

Сероносными являются, как правило, пачки карбонатных пород, залегающие на границе сульфатно-хлоридных и карбонатных формаций или внутри сульфатно-хлоридных формаций. Месторождения самородной серы, связанные с сульфатно-хлоридными формациями, известны в разрезе перми на Восточно-Европейской платформе (Поволжье), в верхнеюрских отложениях чехла Туранской плиты, в неогеновых отложениях Предкарпатского прогиба. Происхождение скоплений самородной серы связывают с восстановительным характером действия нефтяных вод на сульфаты.

12.3. РУДОНОСНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ГРУПП МАГМАТИЧЕСКИХ И МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ

С магматическими, метаморфическими, гидротермально-метасоматическими формациями различного состава и строения связаны месторождения железа, марганца, вольфрама, молибдена, меди, никеля, кобальта, золота, платины, олова, свинца, цинка, слюды, алюминия, фосфора и других важнейших руд. Наибольшим разнообразием типов месторождений и видов минерального сырья отличаются магматические формации; метаморфические комплексы несут меньший набор полезных ископаемых.

Ранее, при характеристике групп магматических и метаморфических формаций, отмечалась приуроченность к ним основных полезных ископаемых. В данном разделе мы ограничимся кратким перечислением видов промышленного сырья, приуроченного к магматическим комплексам и метаморфическим сериям. Подробный анализ признаков реальной рудоносности магматических и метаморфических формаций сделан в публикациях коллектива ВСЕГЕИ /9/.

Рудоносность магматических формаций. Для магматических комплексов намечается прямая связь парагенезисов горных пород определенной кислотности и щелочности, глубинности с набором полезных компонентов. Реальная рудоносность во многом зависит не только от состава плутонических и вулканических ассоциаций, но и от их внутреннего сложения (расслоенность, зональность, многофазность и др.).

Рудоносность ультрамафических, ультрамафическо-мафических и мафических формаций определяется наличием

в них промышленных концентраций хромитов, медно-никелевых, кобальтовых, титаномагнетитовых, ванадиевых руд, платины и платиноидов, асбеста, талька, исландского шпата, агатов. Со щелочными формациями связаны флогопит, алмазы, апатит-нефелиновые руды, тантало-ниобаты.

С группой мафическо-салических формаций связаны железные, серно-колчеданные, медно-цинково-колчеданные, медно-молибденовые руды, золоторудная минерализация.

Рудоносность салических формаций определяется наличием в них руд олова, молибдена, вольфрама, золота, полиметаллов, драгоценных камней, керамического сырья, редкометалльных пегматитов. Щелочно-салические формации потенциально рудоносны в связи с апатитовыми, апатит-нефелиновыми, нефелиновыми рудами, вермикулитом.

Рудоносность метаморфических формаций. Определяется основностью первичных осадочных и магматических комплексов и фазией метаморфизма. Метаморфизм в одних случаях нивелирует содержание полезных компонентов в толщах пород, в других – приводит к образованию новых концентраций полезных минералов, улучшает качество первичных руд. С метаморфическими формациями связаны крупнейшие железорудные, железо-марганцевые месторождения, месторождения глиноземистого сырья (в том числе корундов), мусковита, флогопита, керамического сырья, редкометалльных пегматитов. К метаморфическим относятся докембрийские золотоносные и ураноносные формации. В метаморфических сериях широко распространены хром-титановое, сульфидное медно-никелевое (колчеданное, колчеданно-полиметаллическое) оруденения.

12.4. РУДОНОСНОСТЬ ТЕКТОНИЧЕСКИХ АССОЦИАЦИЙ ФОРМАЦИЙ

В разделе, посвященном тектоническому анализу геологических формаций, отмечены три главных типа тектонических режимов: платформенный, орогенный и геосинклинальный. Тектонические режимы предопределяют термодинамическое состояние земной коры и палеогеографические обстановки на ее поверхности. Соответственно, в областях с разными тектоническими режимами обособливаются свои ассоциации осадочных и магматических формаций со спе-

цифическим набором полезных ископаемых. Для формирования концентраций осадочных полезных ископаемых определяющее значение имеет палеогеографическая обстановка, свойственная каждому тектоническому режиму. Разнообразие полезных ископаемых, возникающих в результате магматических и метаморфических процессов, во многом обусловлено термодинамическим состоянием земных недр.

Палеогеографическая обстановка в областях платформенного режима определяется прежде всего невысокой тектонической подвижностью и выравненной поверхностью земной коры на больших пространствах. В этих условиях различия в характере осадконакопления связаны с климатической зональностью и гипсометрическим положением поверхности земной коры относительно поверхности гидросферы. Относительно приподнятые участки поверхности земной коры соответствуют наземным равнинам, где господствуют процессы формирования физических и химических кор выветривания, размыва этих кор, переноса и переотложения в субаэральной обстановке. На участках поверхности, погруженных ниже уровня моря (шельфах), происходит накопление относительно мелководных отложений за счет поступления материала с суши и выпадения его из растворов.

Осадочные формации, сформировавшиеся в обстановке платформенного режима во влажном климате, нередко вмещают крупные концентрации марганцевых и железных руд, бокситов, каменного угля и торфа, каолиновых глин, стекольных песков, россыпи драгоценных металлов, алмазов, ильменита, рутила. Платформенные формации аридных зон содержат промышленные концентрации хлоридов и сульфатов натрия, калия, магния, йодобромных вод, медистых песчаников, самородной серы, карбонатных пород, гипса и ангидрита. В разрезе платформенных формаций имеются крупные скопления нефти и газа, фосфоритов, всевозможных строительных материалов, горючих сланцев.

В эпохи тектоно-магматических активизаций на платформах, в связи проявлением траппового и ультраосновного щелочного магматизма, образуются месторождения медно-никелевые, апатитовых руд, тантало-ниобатов, исландского шпата, алмазов, драгоценных камней, флогопита.

Ассоциация осадочных формаций, формирующихся в об-

становке орогенного режима, также различается по типам концентраций полезных ископаемых в зависимости от климатической зональности. Аридная группа орогенных формаций содержит концентрации хлоридов и сульфатов, медистых песчаников, нефти и газа. С группой гумидных орогенных формаций связаны скопления угля, россыпи металлов.

Орогенный режим сопровождается магматизмом кислого состава в эффузивной и интрузивной формах. В связи с этим формируются вольфрамово-молибденовые, оловянные, сурмяно-ртутные, золоторудные, полиметаллические месторождения, месторождения минеральных вод, строительного камня и проч.

Широкий спектр месторождений полезных ископаемых образуется в обстановке геосинклинального режима. С массивами ультраосновных пород в подвижных поясах связаны месторождения асбеста, талька, хромитов, платины и платиноидов, кобальта и никеля. Вулканогенные толщи вмещают медно-колчеданные и колчеданно-полиметаллические месторождения. С массивами среднего и кислого состава связаны скарновые месторождения железа, месторождения золота и многих других металлов.

Необходимо отметить наличие промышленных концентраций ванадия, золота в морских «черносланцевых» толщах, фосфоритов и марганцевых руд – в кремнисто-карбонатных толщах. В областях современного вулканизма известны месторождения самородной серы.

Специфический набор полезных ископаемых связан с метаморфическими толщами нижнего докембрия в фундаментах древних платформ, на массивах в подвижных поясах. Тектонические режимы, при которых они формировались, именуют протоплатформенным, протогеосинклинальным, протоорогенным. Важнейшими полезными ископаемыми в метаморфических толщах являются железистые кварциты, слюды, абразивное сырье, уран, золото, графит, и др.

12.5. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ И РУДНЫЕ ФОРМАЦИИ

В минерагении кроме понятия «рудноносная формация» употребляется понятие «рудная формация» как геологическое образование. «Рудной формацией» называют: а) характерный тип рудного месторождения, выделяемый по мине-

ральному составу (парагенезису минералов и рудных тел) иногда с учетом морфологических особенностей рудных тел; б) однотипные по минеральному составу и условиям образования месторождения; в) группа месторождений, связанных с одной геотектонической зоной. По мнению Д.В. Рундквиста, к рудной формации следует относить характерный тип месторождений полезных ископаемых, определяемый по парагенезису пород и руд различных зон месторождения. Из этих определений следует, что вроде бы рудную формацию, как и любую геологическую категорию, определяют показатели состава и строения вещества.

Наиболее популярно представление о рудной формации как о типе месторождения, выделенном по минеральному составу главных полезных компонентов — т.е. минералов. Например, это рудные формации: кварц-сульфидно-вольфрамитовая, вольфрамит-сульфидно-шеелитовая, молибденит-сульфидно-вольфрамитовая. В некоторых случаях в названии рудной формации отмечается связь полезных минералов с вмещающими породами. Как рудную формацию называют сфалерит-галенитовую в карбонатных породах, галенит-сфалеритовую в скарнах и т.д./20/.

В отличие от рудоносных геологических формаций, рудные, в большинстве случаев, представляют категории другого уровня — ассоциации минералов, более того - ассоциации *полезных минералов*. Рудоносная формация - это всегда ассоциация горных пород. Возможны случаи, когда рудная формация может выступать как ассоциация пород, пород *полезных*, пригодных к использованию в народном хозяйстве.

Во всех случаях выделение рудных формаций основывается на экономической целесообразности использования минералов и горных пород в хозяйственной деятельности в случае их высокой концентрации в земной коре. При выделении геологических формаций экономический фактор не имеет значения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие геологической науки происходит при использовании новых методик и техники, с помощью которых мы можем глубже проникнуть и заглянуть в объект исследования, или же рассмотреть объект в новом ракурсе, с позиций смежных наук, с привлечением методик смежных наук.

Учение о геологических формациях возникло как самостоятельное научное направление в геологии около 50 лет назад, когда интересы петрографии, литологии, стратиграфии, геотектоники, металлогении слились воедино при решении общих вопросов строения земной коры. Возникла необходимость выделения вещественной категории более высокого уровня организации, нежели горная порода — категории, соответствующей природной ассоциации горных пород. Для обозначения этой категории был использован термин «геологическая формация». Этот термин существовал давно, ему первоначально была присуща неоднозначность в понимании. В учении о геологических формациях, как учении об осадочных толщах и магматических комплексах, эта неоднозначность до настоящего времени играет отрицательную роль. Независимо от того, какой смысл вкладывает исследователь в понятие «формация», очевидно, что между вещественными категориями — «горная порода», «земная кора» — существует несколько промежуточных по рангу объектов. Их выделение осуществляется на основе двух признаков: состав и структура вещества. Эти вещественные категории составляют предмет учения о геологических формациях.

Изучение вещества земной коры может быть плодотворным, если одновременно исследуются его состав и структура. С помощью новых приборов создана объективная возможность для глубокого проникновения в микроструктуру вещества, появилась возможность изучать его состав на молекулярном уровне. Иное дело, если выделять крупные минеральные ассоциации. Закономерности состава и строения осадочных толщ и магматических комплексов с помощью микроскопа установить невозможно.

Дистанционные методы, в том числе наблюдения из космоса, позволили увидеть разноранговые структурные формы поверхностной части земной коры при многократном

уменьшении, рассмотреть их как части единого целого. Формационный анализ позволяет подойти к этим морфометрически выраженным структурным формам с позиций вещественной неоднородности земной коры, посмотреть на вещество, их слагающее, как бы с большой дистанции, увидеть, что горные породы существуют не сами по себе, а образуют разноранговые ассоциации — сообщества. Пространственное размещение этих сообществ—геологических формаций—контролируется глубинными тектоно-магматическими процессами и конседиментационными структурными формами, а также процессами взаимодействия литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы.

В книге показано значение анализа формаций при геологических исследованиях. Только анализ формаций и их частей позволяет реконструировать палеогеографическую обстановку. По наборам (ассоциациям) пород мы судим о климатах прошлого, о древних ландшафтах на поверхности Земли. Ассоциации формаций позволяют реконструировать тектонические режимы в прошлые периоды, оконтуривать ранее существовавшие тектонические структуры. Геологические формации являются индикаторами для прогнозной оценки территорий на полезные ископаемые. С помощью геологических формаций проводится инженерно-геологическая оценка площадей, так как формационные тела образованы комплексами пород с определенными физико-механическими свойствами. Выделение формаций оказывается необходимым при систематических регионально-геологических исследованиях и государственном геологическом картировании. Без выделения и анализа ассоциаций геологических формаций — геодинамических комплексов — невозможно геодинамическое картирование.

Внедрение формационного анализа в практику геологических исследований и геолого-поисковых работ открывают большие возможности для решения вопросов практической и теоретической геологии на новом, более высоком уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бахтуров С.Ф.* Битуминозные карбонатно-сланцевые формации Восточной Сибири. - Новосибирск: Наука, 1985.
2. *Бурдэ А.И.* Формационный анализ осадочных отложений при палеогеодинамических реконструкциях //Сов. геология, 1986, № 6.
3. Геологические тела (терминологический справочник) /Под ред. Ю.А. Косыгина, В.А. Кулындышева, В.А. Соловьева. - М.: Недра, 1986.
4. Геологические формации (терминологический справочник) /Под ред. В.Ю. Забродина, Ю.А. Косыгина, В.А. Соловьева и др. В 2 т. - М.: Недра, 1982.
5. Геологические формации осадочного чехла Русской платформы /Н.С. Иголкина, В.П. Кириков, Г.Г. Кочин и др. - Л.: Недра, 1981.
6. *Еганов Э.А.* Структура комплексов фосфоритоносных отложений. - Новосибирск: Наука, 1983.
7. Иерархия геологических тел (терминологический справочник) /Под ред. Ю.А. Косыгина, В.А. Кулындышева, В.А. Соловьева. - Хабаровск: ДНЦ АН СССР, 1978
8. *Карагодин Ю.Н.* Седиментационная цикличность. - М.: Недра, 1980.
9. Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые /Под ред. Д.В. Рундквиста. - Л.: Недра, 1978.
10. Магматические формации. Принципы и методы оценки рудоносности геологических формаций /В.Л. Масайтис, В.Н. Москалева, Н.А. Румянцева и др. - Л.: Недра, 1982.
11. Магматические формации СССР /В.Л. Масайтис, В.Н. Москалева, Н.А. Румянцева. Т. 1, 2. - Л.: Недра, 1979.
12. *Мальцева А.К., Крылов Н.А.* Формационный анализ в нефтяной геологии. - М.: Недра, 1986.
13. *Марин Ю.Б., Лазаренкова В.Т.* Магматические формации и их рудоносность: Учеб. пособие. - Л.: Ленингр. горн. ин-т, 1989
14. *Мельников О.А.* Геологические формации Хоккайдо-Сахалинской складчатой области. - Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 1988.
15. *Мерзляков Г.А.* Пермские соленосные бассейны Евра-

зии. – Новосибирск: Наука, 1979.

16. *Метаморфические формации. Принципы и методы оценки рудоносности геологических формаций.* /В.В. Жданов, Б.В. Петров, Б.А. Блюман и др. – Л.: Недра, 1986.

17. *Минерагения осадочных бассейнов континентов и периконтинентальных областей* /Гл. редактор Н.В.Межеловский. – М.: 1998. (МПР, Геокарт, ЦРГЦ, МАНПО).

18. *Немцович В.М.* Опыт классификации геологических формаций при региональных геологических исследованиях. //Сов. Геология, 1988. № 2.

19. *Нефтегазоносность осадочных формаций* /И.К. Королюк, Н.А. Крылов, А.К. Мальцева и др. – М.: Наука, 1987.

20. *Основные типы рудных формаций (терминологический справочник)* /Под ред. Ю.А. Косыгина, Е.А. Кулиша. – М.: Наука, 1984.

21. *Петрографический кодекс. Магматические и метаморфические образования.* –СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1995.

22. *Петтиджон Ф. Дж.* Осадочные породы /Пер. с англ. – М.: Недра, 1981.

23. *Попов В.И., Запретов В.Ю.* Генетическое учение о геологических формациях. – М.: Недра, 1985.

24. *Ритмостратиграфические (циклостратиграфические) и литостратиграфические подразделения* /В.И. Попов, С.В. Тихомиров, С.Д. Макарова и др. – Ташкент, Изд-во «ФАН», 1979.

25. *Систематика и классификации осадочных пород и их аналогов* /В.Н. Шванов, В.Т. Фролов, Э.И. Сергеева и др. – СПб.: Недра, 1998.

26. *Справочник по литологии.* /Под ред. Н.Б. Вассоевича и др. – М.: Недра, 1983.

27. *Структура геологических формаций* /Под ред. Ю.А. Косыгина. – Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1980.

28. *Типы осадочных формаций нефтегазоносных бассейнов* /Под ред. Н.Б. Вассоевича. – М.: Наука, 1980.

29. *Фролов В.Т.* Генетическая типизация морских отложений. – М.: Недра, 1984.

30. *Фролов В.Т.* Литология. Кн.3: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1995.

31. *Фролова Т.И., Бурикова И.А.* Магматические форма-

ции современных геотектонических обстановок: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 1997.

32. *Хаин В.Е.* Общая геотектоника. – М.: Недра, 1973.

33. *Херасков Н.П.* Тектоника и формации. Избранные труды. – М.: Наука, 1967.

34. *Цейслер В.М.* Введение в тектонический анализ осадочных геологических формаций. – М.: Наука, 1977.

35. *Цейслер В.М.* Анализ геологических формаций. – М.: Недра, 1992

36. *Шатский Н.С.* Геологические формации и осадочные полезные ископаемые. Избранные труды. Т. 3. – М.: Наука, 1965.

37. *Шванов В.Н.* Опыт классификации осадочных формаций по вещественным (литмологическим) признакам //Вестн. ЛГУ, 1982, № 24.

38. *Шванов В.Н.* Структурно-вещественный анализ осадочных формаций. – СПб.: Недра, 1992

39. *Янов Э.Н.* Осадочные формации подвижных областей СССР. – Л.: Недра, 1983.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Акцессорные осадочные породы 26
Ассоциации формаций 50
Анализ рядов формаций 46, 132, 155
- Бассейновый комплекс формаций 40
- Генетические типы отложений 19, 136
- Литогеодинамические комплексы 5
- Наименование формаций 62
- Объем формации 62
- Палеобассейны 49, 139
Палеосуша 138
Парагенезис 23, 16
- Свита 22
Стратиграфические границы 60
Структура формации 35, 40
Структурно-формационные зоны 158
Структурный этаж 22
- Текстура формации 42
Тектонические границы 60
Тектоно-седиментационная цикличность 155
- Фациальные границы 51
Формациеобразующие породы;
-алюмосиликатные 26
-карбонатные 28
-кремнистые 30
-сульфатные и хлоридные 30
- Формации
-бокситоносные 170
-галогенные 99
-геосинклинальные 70, 151
-глинисто-песчаниковые 85
-глинистые 82
-доломитовые 96
-известняковые 90
-кремнисто-карбонатные 98
-марганцевоносные 171
-мафические 114
-мафическо-салические 117
-мелкообломочные 79
-нефтегазоносные 167
-орогенные 147
-песчаниковые и
-песчаниково-алевролитовые 79
-рифтогенные 147
-салические 120
-сероносные 172
-сланценоносные 168
-соленосные 99, 172
-угленосные 165
-ультрамафитовые 111
-фосфоритоносные 171
-яшмовые 104
- Формационная залежь 32

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
ЧАСТЬ I. ПРИЕМЫ ВЫДЕЛЕНИЯ И ГЛАВНЕЙШИЕ ТИПЫ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ	
Глава 1. Учение о геологических формациях – учение об осадочных толщах, магматических и метаморфических комплексах.....	7
1.1. Учение о геологических формациях среди наук геологического цикла.....	7
1.2. Исторические вехи в учении о геологических формациях.....	9
1.3. Современные научные направления при выделении геологических формаций.....	13
1.4. Соотношение понятий, используемых при изучении осадочных толщ и магматических комплексов.....	18
Глава 2 .Вещественный состав геологических формаций.....	23
2.1. Геологические формации как парагенезисы горных пород.....	23
2.2. Формациеобразующие и акцессорные горные породы.....	24
2.3. Формациеобразующие осадочные породы.....	26
2.4. Формациеобразующие магматические и метаморфические породы.....	31
Глава 3. Строение геологических формаций.....	33
3.1. Форма тел осадочных, магматических и метаморфических формаций.....	33
3.2. Внутреннее строение осадочных и осадочно-вулканогенных формационных залежей.....	40
3.3. Внутреннее строение plutонических (интрузивных) формаций.....	44
Глава 4. Ряды геологических формаций и иерархия формационных категорий.....	45
4.1. Геологические формации как элементы тектоно-седиментационных и тектоно-магматических циклов.....	45
4.2. Иерархия формационных категорий.....	48

Глава 5. Методы выделения и изучения геологических формаций	52
5.1. Технология выделения геологических формаций.....	52
5.2. Графические модели – основа для выделения, изучения и анализа геологических формаций.....	55
5.3. Границы формационных залежей.....	59
5.4. Проблемы объема и наименования формаций.....	62
Глава 6. Классификации и систематика геологических формаций	67
6.1. Общие принципы классификаций.....	67
6.2. Тектонические классификации формаций.....	69
6.3. Палеогеографические классификации формаций.....	71
6.4. Вещественные и структурно-вещественные классификации формаций.....	72
6.5. Принципы систематической классификации формаций.....	74
Глава 7. Главнейшие типы осадочных формаций	75
7.1. Алюмосиликатные формации.....	76
7.2. Карбонатные формации.....	88
7.3. Сульфатно-хлоридные формации.....	99
7.4. Силицитовые формации.....	103
7.5. Смешанные формации.....	105
Глава 8. Магматические и метаморфические формации	107
8.1. Магматические формации.....	107
8.2. Метаморфические формации.....	122
 Часть II. АНАЛИЗ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ	
Глава 9. Геологические формации в разрезе земной коры	126
9.1. Факторы, контролирующие образование геологических формаций и их ассоциаций.....	126
9.2. Формационный анализ как способ получения геологической информации.....	129
9.3. Ряды формаций как инструмент при палеогеографических и палеотектонических реконструкциях.....	131
Глава 10. Анализ геологических формаций в стратиграфии и палеогеографии	134
10.1. Геологические формации в стратиграфии.....	134
10.2. Палеогеографический анализ геологических формаций.....	136

11. Тектонический анализ геологических формаций...	142
11.1. Задачи и методы тектонического анализа формаций.	143
11.2. Приемы типизации структурных форм.....	146
11.3. Приемы тектонического районирования.....	155
11.4. Корреляция тектонических движений. Связь тектоники и магматизма.....	158
Глава 12. Минерагенический анализ геологических формаций.....	161
12.1. Геологические формации и полезные ископаемые...	162
12.2. Рудоносность некоторых групп осадочных формаций.....	164
12.3. Рудоносность некоторых групп магматических и метаморфических формаций.....	173
12.4. Рудоносность тектонических ассоциаций формаций.	176
12.5. Геологические и рудные формации.....	176
Заключение.....	178
Литература.....	180
Предметный указатель.....	183

Виктор Мартынович Цейслер

Формационный анализ

Учебник

Редактор *Ж.В. Медведева*
Технический редактор *Ю.В. Чванова*
Корректор *О. Бельтран-Легас*
Дизайн обложки *А.А. Арианова*

Тематический план 2002 г., №41

Подписано в печать 26.08.02 г. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 10,93. Уч.-изд. л. 10,12. Усл. кр.-отг. 11,18.
Тираж 300 экз. Заказ 625

Издательство Российского университета дружбы народов
117923, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3

Типография ИПК РУДН
117923, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3