

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ВСЕГЕИ)
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ГОРНОЕ ОБЩЕСТВО

ИТОГИ СОВЕЩАНИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ
«ОСНОВЫ НАУЧНОГО ПРОГНОЗА МЕСТОРОЖДЕНИЙ
РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ»

(14 — 17 декабря 1971 г.)

ЛЕНИНГРАД

1972

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ВСЕГЕИ)
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ГОРНОЕ ОБЩЕСТВО

553. 3/6 .

ИТОГИ СОВЕЩАНИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ
"ОСНОВЫ НАУЧНОГО ПРОГНОЗА МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНЫХ И
НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ"

(14-17 декабря 1971 г.)

437

ЛЕНИНГРАД
1972



УДК 558.3/.6.041

В сборнике кратко суммированы итоги и рекомендации совещания по проблеме "Основы научного прогноза месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых", проходившего в Ленинграде в декабре 1971г.

В первой части сборника приводятся итоги дискуссии по общим вопросам теории прогнозирования, во второй — результаты обсуждения факторов прогноза месторождений различных формационных типов.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

В.И.Бергер, В.И.Васильев, С.Н.Ганжарова (ученый секретарь), В.К.Денисенко, В.И.Драгунов, Л.Н.Дуденко, И.Я.Дядькина, Б.М.Михайлов, С.В.Москалева, И.Г.Павлова, Д.В.Рундквист (главный редактор).

КАЧЕСТВО
3781

ПРЕДИСЛОВИЕ

С 14 по 18 декабря 1971г. в Ленинграде проходило всесоюзное совещание по проблеме "Основы научного прогноза месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых", организованное Всесоюзным ордена Ленина научно-исследовательским геологическим институтом (ВСЕГЕИ) и Ленинградским отделением Научно-технического горного общества.

Главная цель совещания — обсуждение общего состояния проблемы прогнозирования месторождений и определение первоочередных направлений научных исследований, отвечающих задачам перспективной оценки территории СССР.

В работе совещания приняли участие представители ведущих научно-исследовательских геологических институтов Министерства геологии СССР и АН СССР, производственных геологических организаций, высших учебных заведений — всего 705 человек от 108 организаций.

На пленарных заседаниях обсуждались следующие главные вопросы:

- 1) формационный анализ при прогнозировании;
- 2) структурно-геометрические основы прогнозирования;
- 3) фактор времени и историко-эволюционные аспекты прогнозирования;
- 4) прогнозирование месторождений в областях тектоно-магнитической активизации;
- 5) новое в геохимических, геофизических и других методах прогнозирования.

На заседаниях восьми рабочих групп обсуждались конкретные факторы прогноза месторождений различных формационных типов.

Применение математических методов и прогнозирования рассматривалось на пленарном заседании, обсуждалось на заседании рабочей группы и на дополнительном семинаре.

На совещании было принято решение, в соответствии с которым членам оргкомитета — редакционной коллегии, подготовившей издание тезисов докладов, поручалось доработать и отредактировать общие итоги и рекомендации совещания, опубликовать их совместно с краткими итогами работы секций и разослать заинтересованным организациям.

Издание настоящих материалов, подготовленное председателями соответствующих пленарных заседаний и рабочих групп, является выполнением этого решения. Кроме того, публикуется текст доклада оргкомитета и доклад председателя оргкомитета Д.В.Рундквиста, тезисы которого не были включены в изданные к совещанию материалы.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПУТИ РАЗВИТИЯ ПРОБЛЕМЫ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Д о к л а д о р г к о м и т е т а

Цели и задачи совещания

Настоящее совещание организовано Всесоюзным ордена Ленина научно-исследовательским геологическим институтом (ВСГЕИ) Министерства геологии СССР и НТО Горное г. Ленинграда. Совещание логически развивает научные традиции, заложенные в ряде предшествующих конференций и совещаний: "Общие закономерности геологических явлений" (1965 г.), I и II конференции по около-рудному метасоматизму (1963, 1967 гг.), "Геологические формации" (1968 г.), "Давления и механические напряжения в развитии состава, структуры и рельефа литосферы" (1969 г.), "Симметрия в природе" (1971 г.).

Тематика настоящего совещания определяется все возрастающими темпами развития народного хозяйства страны, Директивами XXIV съезда КПСС на пятилетие, которые ставят перед геологами задачи: "повысить эффективность геологоразведочных работ", "расширить работы по геологическому изучению земных недр и разведке

минерально-сырьевых ресурсов ...", "улучшить размещение производительных сил, развивать экономику всех союзных республик, быстрее осваивать богатые природные ресурсы восточных районов страны.^{х)}

Самый простой расчет запланированных темпов увеличения добычи полезных ископаемых в девятом пятилетии на 20-30%, а по ряду полезных ископаемых, например по минеральным удобрениям, до 50% и более показывает, что этот прирост не может быть обеспечен ни пропорциональным увеличением ассигнований на геологоразведочные работы, которые лишь за период с 1964 по 1971 г. возросли с 2 до 3 млрд. руб., ни ростом и без того огромной армии геологов.

Не могут не настораживать и другие цифры: непропорциональный по сравнению с увеличением капиталовложений прирост запасов, повышение за последние 5-10 лет средней удельной стоимости 1 т разведанных запасов по целому ряду видов полезных ископаемых, в том числе черным и цветным металлам, бокситам, слюдам (мусковиту) и др., возрастание доли затрат на геологоразведочные работы от общих вложений в данную отрасль промышленности. Так, например, по слюде и ртути объем затрат на геологоразведочные работы в 2-2,5 раза превышает капитальные затраты на промышленное освоение разведанных запасов.

Анализ положения дел в целом не оставляет сомнений в том, что геологические исследования подошли к тому рубежу, который можно преодолеть не количеством, а только новым качеством - разработкой и внедрением нового подхода к прогнозированию, повышением эффективности геологических исследований, внедрением научно-технического прогресса во все звенья геологии, и в первую очередь прогнозирование.

Из всего этого вытекают и задачи нашего совещания:

- 1) обменяться опытом и подвести итог состоянию дел по прогнозированию;
- 2) сформулировать новые задачи исследований;
- 3) наметить наиболее перспективные пути разработки теории прогноза;

^{х)} Резолюция XXIV съезда КПСС по Отчетному докладу ЦК КПСС. Коммунист, № 6, 1971.

4) выделить и передать на вооружение те новые практические рекомендации, закономерности, правила, без которых теперь невозможен целенаправленный поиск;

5) обсудить проблему перспективной оценки территории страны на различные виды полезных ископаемых.

Основные этапы в развитии учения о прогнозировании месторождений

Имеются ли объективные данные для преодоления возникшего разрыва между запланированными темпами развития народного хозяйства и возможностями научного решения вопросов прогнозирования? Чтобы ответить на этот вопрос, рассмотрим в ретроспективе основные тенденции в развитии учения о прогнозировании и наметившиеся на сегодняшний день наиболее перспективные новые научные направления.

Отмечая лишь самое главное, можно подчеркнуть, что, по существу, целое столетие, с середины XIX века до 50-60-х годов XX века, в геологической науке резко преобладал генетический подход. Ответ на вопрос — как образовались породы, руды, месторождения и почему — был главным.

Соответственно можно проследить, как в понимание терминов, в выделение геологических объектов, их классификацию и систематику все более и более внедрялось генетическое содержание. Можно проследить, например, эволюцию понимания терминов "парагенезис", "формация" от времен Вернера и Брейтгаупта до ныне, а также "гранит", "грейзен" и др.

Вспомним наиболее ожесточенные дискуссии последних десятилетий: гранит, его происхождение, пегматит — расплав или раствор, ультрабазиты и оруденение — кристаллизация или метасоматоз и др.; нефть — органическая или неорганическая?

Именно в недрах генетического подхода зародились и развивались начиная с 30-40 гг. основы научного прогнозирования месторождений. Со значительной долей условности в развитии этого учения намечаются основные этапы:

I. 1930-1940 гг. — период постановки СНК СССР перед АН СССР и геологическими институтами страны задачи о разработке теории научного прогнозирования. В выступлениях А.Н.Заварицкого "О кар-

тах прогноза" (1939) и П.И.Степанова "К вопросу о геологических прогнозах" (1939) еще только обсуждаются самые первые принципы построения карт прогноза. Исторический интерес представляют высказывания А.Н.Заварицкого о том, что карты прогноза должны строиться на совмещении геологической карты и карты месторождений полезных ископаемых, что прогнозирование должно базироваться на фактах, а не на "генетических гипотезах", которые "менялись, меняются и будут меняться", что неправильно "считать гипотезы конечной целью изучения" (Вестник АН СССР, 1939, № 8-9, стр.152-153). Только читая эти работы, можно понять, как далеко теперь шагнула геологическая наука в плане разработки подходов к научному прогнозированию.

2. 1940-1945 гг. - период, когда в короткий срок были освоены десятки новых месторождений и под влиянием особо острых в этот период запросов практики начали закладываться в работах С.С.Смирнова и Ю.А.Билибина основы учения о металлогении.

3. Определенным рубежом в послевоенные годы можно считать 1955 г., когда вышла в свет работа Ю.А.Билибина "Металлогенические провинции и металлогенические эпохи". Выход этой книги знаменует завершение первого послевоенного (1945-1955 гг.) этапа - создание основ металлогении как науки о закономерностях размещения и формирования месторождений в пространстве и времени.

4. 1955-1965 гг. - период бурного внедрения и широкого распространения металлогенических исследований. Несмотря на жесткую критику первых работ по металлогении, за короткий срок - в течение одного десятилетия - составлено большое число металлогенических и прогнозных карт главнейших горнопромышленных регионов Союза и первая обзорная металлогеническая карта СССР масштаба 1:5 000 000 (1963, 1964).

Именно этот период позволил накопить громадный опыт, привел к ряду крупных открытий, но вместе с тем со всей очевидностью показал необходимость новых теоретических обобщений и сохраняющуюся большую "дистанцию" между металлогенией и конкретным прогнозированием.

5. В качестве следующего рубежа можно наметить конец 1965 - начало 1966 г. Формально этот рубеж может быть связан с рядом

овещаний, проведенных в это время в Ленинграде и Новосибирске, на которых обсуждались проблемы формализации и математизации применительно к геологии, генетический и парагенетический подходы к изучению геологических явлений. Существенное значение для последующего развития этих направлений имели работы Ю.А.Воронина и Ю.А.Косыгина:

Особого упоминания заслуживает конференция по проблеме "Закономерности геологических явлений", проведенная ВСЕГЕИ и НТГО в 1965 г. в Ленинграде. Именно на этой конференции в развитие идей В.И.Вернадского, Б.Л.Личкова, Н.С.Шатского были сформулированы представления об уровнях организации вещества, существенно повлиявшие на всю дальнейшую дискуссию о формациях. На этой же конференции рассмотрена возможность применения принципа Кюри к анализу геологических явлений, обсуждены с новых позиций проблемы эволюции минеральных образований во времени и др. В этот же период берет стремительный старт проблема тектоно-магматической активизации.

Период с 1965 г. по настоящее время характеризуется развитием всех указанных направлений и тем самым привлечением к анализу закономерностей размещения новых научных дисциплин, расширяющих фундамент теории металлогенического анализа.

Проводя генеральную линию, направленную на разработку теории прогнозирования через металлогению как первую ступень этой теории, нельзя, конечно, забывать о параллельно развивавшихся научных направлениях, в рамках которых развивались отдельные стороны проблемы прогнозирования. Это учение об околорудных породах, о структурах рудных полей, работы минералого-геохимического направления и др. Особого упоминания заслуживает работа по прогнозированию среднеазиатской научной школы геологов, по литолого-структурному количественному и объемному прогнозированию.

Таким образом, в развитии теории прогнозирования условно могут быть выделены следующие этапы:

1930-1940 гг. - становление проблемы (разработка теории научного прогноза);

1940-1945 гг. - накопление данных;

1945-1955 гг. - создание учения о металлогении;

1955-1965 гг. - количественный рост, распространение металлогенических исследований по всей территории Союза;

1965-1971 гг. - поиски новых дополнительных путей научных направлений, развитие формационного анализа, количественного прогнозирования, математизации в геологии.

Завершился ли этот период, имеем ли мы новую усовершенствованную научную базу для развития теории прогнозирования - на этот вопрос можно будет ответить значительно позднее.

Новые научные направления и их значение для разработки теории прогнозирования

Ограничимся перечислением и лишь краткой характеристикой тех четырех главных научных направлений, которые далее предполагается подробно обсудить на пленарных заседаниях.

Концепция уровней организации и вытекающие из нее новые подходы к формационному анализу

Основной смысл концепции уровней организации вещества, сформулированной в развитие идей В.И.Вернадского, Б.Л.Личкова, Н.С.Шатского, Н.П.Хераскова, заключается в едином вещественно-структурном подходе к выделению, систематике и классификации всех природных объектов: элементарных частиц (I уровень), атомов (II уровень), молекул, минералов (III уровень), парагенезисов минералов (IV уровень), формаций и т.д. до Земли как планеты.

При этом парагенезис минералов и формация могут иметь по существу такое же определение как и минерал: **м и н е р а л ь н ы й п а р а г е н е з и с** - природное тело, состоящее из минералов, связанных общей структурой; **ф о р м а ц и я** - природное тело, состоящее из парагенезисов минералов (пород, руд), связанных общей структурой.

Как видно из этих несколько упрощенных определений, главным в содержании этих понятий останется структура, понимаемая как устойчивое упорядоченное расположение в пространстве элементов: минералов - в парагенезисах, парагенезисов - в формациях, формации - в более высоких объектах - "категориях" (?) и т.д. Структура проявляется или как многократно повторяющаяся ритмичность (в осадочных, вулканических породах), или как зональность интрузивных тел, месторождений и т.д.

Прогнозное значение такого подхода к формации заключается:

- 1) в введении представления о необходимости учета соизмеримости прогнозируемых объектов, масштабов структур и времени их развития (что может позволить исключить многие ненужные детали в ходе исследования и тем самым способствовать повышению их эффективности);
- 2) в отходе от пометального подхода поисков железных, никелевых, титанистых и др. руд и в переходе на комплексное изучение, оценку и разработку единых критериев для всех полезных ископаемых, связанных с данной формацией;
- 3) в расширяющейся возможности математического способа описания объектов и применения статистических методов анализа рудоуправляющих факторов.

Структурно-геометрическое направление в учении о прогнозировании

Это направление в значительной мере является функцией развития вещественно-структурного подхода к выделению, систематике и изучению формаций. В частности, в значительной мере оно базируется на широких возможностях анализа, вне зависимости от генетических представлений, взаимного расположения тел (пород, рудных формаций, зон, разломов), с использованием принципов симметрии, в наиболее общем виде отраженных в ряде последних публикаций И.И.Шафрановского и др.

Установление определенной периодичности в размещении рудоуправляющих элементов, учет подобия больших по масштабу и малых структур, использование главнейших морфологических особенностей тел (гранито-гнейсовых "куполов" и "овалов", интрузии, конических дайковых структур и т.д.) открывают новые большие возможности структурно-геометрического подхода.

Фактор времени и его значение при прогнозировании

Разработка проблемы времени применительно к геологическим объектам, породам, рудам, формациям, начавшаяся особенно интенсивно в последнее десятилетие, позволила установить ряд общих принципов эволюции минеральных образований, которые могут суще-

ственно корректировать направление прогнозных поисковых работ.

Известные закономерности параллелизма развития минеральных образований в различных масштабах времени (стадиях, этапах, циклах, фазах) открывают возможности переносить выводы с одного масштаба явлений на другие, использовать выявленную в районе закономерность развития парагенезисов минералов в рудах для поисков пролуценных формаций, анализа рядов формаций.

Выявленная работами многих исследователей определенная закономерность последовательной смены максимумов накопления промышленных концентраций элементов, упрощенно выражаемая простым правилом: "чем меньше распределен элемент в земной коре, тем больше потребовалось времени для его накопления в промышленных содержаниях", может быть использована не только при общих оценках перспектив разновозрастных регионов, но и при учете типов пород и характера развития (эвгеосинклиналь, миегеосинклиналь, поднятие) и при оценке одновозрастных регионов, но различного профиля (фемические, сиалические и т.д.).

Один из важнейших аспектов учета фактора времени — анализ процессов в динамике их развития. Представляется, что даже только одно применение в металлогении идей Н.С.Шатского о миграции тектонических структур может дать важный прогнозный выход. Наконец, еще один важный аспект анализа процессов формирования с учетом геологического времени — разработка в ближайшие годы, в дополнение к многочисленным существующим учебным курсам "Условия образования месторождений полезных ископаемых", курса "Условия сохранения месторождений полезных ископаемых".

Представления о тектоно-магматической активизации и ее значении при прогнозировании

В такой же мере, как вопрос геометризации тесно связан с концепцией уровней организации, проблема тектоно-магматической активизации неразрывно связана с проблемой времени.

Важность идей о тектоно-магматической активизации для прогнозирования после успешной переоценки с этих позиций целого ряда районов — Забайкалья, Алдана, Тянь-Шаня — не требует подтверждений.

Представляется, что в настоящий момент наиболее существенным с точки зрения развития учения о прогнозировании является:

- а) выделение комплекса признаков, указывающих на проявление в районе процессов активизации;
- б) дальнейшая детализация этапов активизационного развития и выделение тех комплексов рудных формаций, которые связаны с различными стадиями и этапами активизации;
- в) установление латеральных рядов формаций, одновременно возникающих в пределах блоков, испытывающих активизационное развитие, и соседних блоков (трогов), развивающихся по схеме развития геосинклиналей.

Указанные научные направления - "формационное", "структурно-геометрическое", "временное" и "активизационное" - представляют собой части единого научного подхода, характеризующего современный этап развития учения о металлогении и прогнозировании.

Новые задачи прогнозирования на современном этапе

В связи с новым научным подходом к решению проблем прогнозирования на современном этапе видоизменились и требования к прогнозированию. Наряду с ранее существовавшими и сохранившимися все свое значение задачами конкретного прогноза новых месторождений в рудных районах все большее значение приобретает проблема исчерпывающей перспективной оценки потенциальных возможностей каждой геологической структуры страны на все возможные виды полезных ископаемых, количественная оценка промышленной значимости каждой рудной формации в перспективе развития народного хозяйства на ближайшее десятилетие и в перспективе до 1990 г., 2000 г. и т.д.

Такой прогноз, необходимый для правильного планомерного развития и размещения всей экономической базы страны, имеет свои особенности. Это может быть прогноз не до уровня рудного поля и тем более месторождения, а до уровня зоны, региона или даже оценки относительной значимости провинции. Основа такого прогноза - знание региональной геологии всей территории СССР, рассмотрение геологических структур Союза как части общепланетарных, олерирование единицами в ряде случаев более крупными, чем формации, использование знаний по всем главнейшим зарубежным рудным провинциям. Не вызы-

вает сомнений исключительная общегосударственная важность этой проблемы и вытекающие из этого задачи ВСЕГЕИ как головного института по региональной геологии СССР в разработке этой проблемы.

В проблеме прогнозирования можно выделить две главные задачи:

1. Относительная оценка значимости месторождений различных формационных типов на те или иные виды полезных ископаемых с учетом следующих тенденций: а) все возрастающей комплексности извлечения и использования полезных ископаемых; б) совершенствования технологии и снижения кондиций; в) все возрастающего значения масштабности оруденения, позволяющего планировать крупные производственные предприятия; г) развития потребностей в данном сырье в конкретном районе с учетом уже сложившихся традиционных направлений в его экономике.

2. Примерная количественная прогнозная оценка каждой геологической структуры земной коры с указанием вероятных масштабов концентрации оруденения (до различных кондиционных содержаний) и определением глубин прогнозирования, исходя из объективного значения и учета следующих геологических параметров: а) состава пород района; б) образуемых ими тектонических структур; в) содержания (кларков) элементов во всех типах пород; г) степени неравномерности распределения концентраций элементов (как функции времени формирования, степени сложности истории развития и т.д.).

Решение этих задач возможно лишь на основе структурно-вещественного подхода к парагенезисам, формациям и более крупным таксономическим единицам, разработки соизмеримости масштабов анализируемых структур, времени их развития и объектов прогнозирования.

Первая задача - оценка промышленной значимости отдельных рудных формаций и их относительных перспектив на территории СССР - имеет уже апробированную методику изучения, базирующуюся на разработке критериев прогнозирования и последовательного приложения их к различным районам.

Вторая задача - оценка потенциальных запасов каждой геологической структуры, количественный учет таких потенциальных запасов и далее последовательное вычитание из них реализуемых запасов (при открытии новых месторождений) - совершенно новая, и

она, очевидно, может получить свое решение лишь после резкого усиления геохимических и петрохимических работ.

Оценивая возможности разработки чисто теоретического направления в прогнозировании, базирующегося на знании законов миграции и концентрации элементов, проблем рудогенеза и возможностей их моделирования, представляется, что это дело еще достаточно далекой перспективы.

В ближайшие 10-15 лет основным в прогнозировании будет оставаться метод аналогии, однако в отличие от предыдущего периода аналогии, базирующейся на количественном учете факторов, машинной обработке информации, при обязательном количественном выражении прогнозных запасов.

Математизация методов прогнозирования — основа количественного прогноза

Вещественно-структурный подход к характеристике формаций, разработка вопросов иерархии, масштабности и соизмеримости предопределяют возможности применения математических методов к решению задач прогнозной оценки. Математические методы могут быть плодотворно применены уже сейчас, при решении следующих задач:

- 1) оценка перспективности территорий (выделение в их пределах перспективных участков);
- 2) оптимальное планирование поисковых работ;
- 3) приближенное определение количества месторождений того или иного типа и их суммарных запасов, которые могут быть обнаружены на данной территории;
- 4) оценка количества месторождений определенного типа и их суммарных запасов, которые могут быть обнаружены на данной территории к определенному сроку (например, к 1980 г.).

В решении первой задачи следует выделять два основных этапа, базирующихся на различной методике исследований и различном математическом аппарате:

а) количественное изучение отдельных факторов, контролирующих локализацию оруденения в пространстве и во времени. Факторы (геохимический, минералогический, формационный) могут исследоваться на различных уровнях. Очень важны исследования по взаимосвязям и

взаимодействию различных факторов. Результатом исследований является получение прогнозных критериев;

б) собственно количественная оценка перспективности территорий по совокупности всех выявленных критериев. Эта задача решается методом аналогии.

При решении первой задачи применение количественных методов существенно повышает эффективность и обоснованность прогнозов и создает предпосылки построения металлогенической теории. Для решения остальных задач математические методы необходимо применять хотя бы уже в силу количественной формы получаемых решений.

Вторая задача состоит в определении наилучшего способа распределения материальных и временных поисковых ресурсов, оптимального порядка опробования участков. Решение ее опирается на результаты оценки перспективности (первая задача). Математические методы ее решения — методы оптимального программирования, завоевавшие признание в последнее время при решении различных задач планирования. К решению третьей задачи подходили В.Н.Софронов и В.В.Богацкий, а четвертая задача к настоящему моменту по существу никем не решалась. Методы решения ее еще не разработаны. Можно лишь высказать некоторые соображения по этому вопросу. Решение этих задач должно опираться на результаты решения первой и второй задач. Помимо данных, получаемых в последнем случае (вероятности наличия месторождения на каждом участке прогнозной территории), необходимо еще оценка эффективности самих поисковых методов (вероятность обнаружения месторождений при данном методе поиска в случае его наличия на участке опробования). Количество месторождений, которые могут быть обнаружены, можно рассматривать как случайную величину, математическое ожидание которой требуется найти.

В настоящее время существует принципиальная возможность полностью автоматизировать процесс решения указанных задач на базе широкого использования ЭВМ. В пределе самообучающаяся автоматизированная система "АСУ-ПРОГНОЗ" может обеспечить оперативную выдачу непрерывно уточняющихся прогнозных построений по мере поступления в нее новейших данных о критериях рудоносности и результатах поисково-съемочных работ. Правда, для функционирования такой системы, по-видимому, потребуется ряд организационных

перестроек, связанных, в частности, с изменением методики сбора исходных геологических данных.

Значение генетических исследований при разработке теории прогнозирования

Генетические исследования на новом этапе развития не теряют своего значения, однако цели, задачи, методы исследований и области использования результатов генетических исследований могут существенно видоизменяться.

При эмпирическом подходе к прогнозированию, при бесконечном многообразии факторов, которые могут учитываться, правильный выбор рудоконтролирующих факторов практически еще долго будет зависеть от интуиции исследователя, его знаний и его генетических представлений. При этом, действуя методом "проб и ошибок", можно постепенно дополнять систему новыми факторами, уточнять их относительную значимость, а вместе с тем и корректировать генетические представления.

Следует иметь в виду, что представления о генезисе в его итоговом выражении — "пневматолито-гидротермальный", "высокотемпературный", "метасоматический" и др. — непосредственно не могут быть использованы при прогнозировании. Эти представления "менялись, меняются и будут меняться" (Заварицкий, 1939). Прогнозирование может базироваться лишь на фактах: вещественно-структурных особенностях распределения элементов, пород, формаций, разломов, интрузий и т.д., а также на эмпирически устанавливаемых закономерностях, связях корреляций тех или иных свойств и параметров — плотности, магнитной восприимчивости и др. с оруденением.

По-видимому, целый ряд очень сложных генетических проблем, возникающих при решении вопросов — как образовалось, почему образовалось, в каких условиях, каким способом, — не являются остро актуальными для целей прогнозирования и в ряде случаев могут быть исключены на стадии прогнозирования из рассмотрения. Наиболее важное значение приобретает установление временной последовательности развития минеральных парагенезисов, формаций, а также выявление их фациальных, возрастных и эволюционных рядов.

Следует подчеркнуть также, что далеко не во всех случаях значимость отдельных рудоконтролирующих факторов соответствует их генетической важности и причинно-следственным связям. Например, ход рассуждений при установлении рудоконтролирующих факторов обычно таков: месторождение связано с постмагматической деятельностью гранитов — магматический фактор, образовалось из постмагматических растворов (следовательно, нужны разломы для их проникновения) — структурный фактор, образовалось метасоматическим замещением благоприятного горизонта пород — литологический фактор. Отсюда из генетических выводов "постмагматический", "растворы", "метасоматоз" возникает концепция поиска: магматические факторы — первое место; структурные — второе; литологические — третье. Однако можно показать, что далеко не во всех случаях это правильно. Важность фактора должна определяться не его генетическим значением, а его способностью максимально локализовать поиск при условии исчерпываемости охвата всех перспективных территорий.

Может быть несколько видоизменен и сам подход к генезису в плане раскрытия как индивидуальной (онтогенез) истории формирования природных тел — парагенезисов (пород, руд), формаций и более крупных таксономических единиц, так и исследования их видовой истории (филогенез) — раскрытия условий, благоприятствующих появлению, полному развитию или уничтожению тех или иных рудных формаций и пород. При этом филогенез служит основой разработки региональных закономерностей размещения, а онтогенез — локальных.

При таком подходе возникает необходимость более детального изучения природных тел в плане особенностей их вещественного состава и структуры, раскрытия на основе этого последовательной цепи событий, имевших место на протяжении всей истории геологического развития данного объекта.

XX

На предложение участвовать в совещании откликнулось более 500 геологов из различных геологических организаций страны. К сожалению, из-за ограниченности объема издаваемых материалов к опубликованию приняты тезисы 241 доклада, принадлежащие 389

авторам. Основным критерием подбора тезисов докладов являлась позитивность и новизна содержания, а также разнообразие подходов к прогнозированию. Из-за отсутствия возможности охватить все направления тематика совещания была несколько сужена по сравнению с первоначальным замыслом, отраженным в первом циркуляре, рассмотренном оргкомитетом. В частности, со всей очевидностью выявилась целесообразность проведения самостоятельного совещания по методике средне- и крупномасштабного металлогенического картирования. Такое совещание следует рекомендовать провести в ближайшие годы.

При разработке программы совещания и выборе докладов оргкомитет принял решение рассмотреть прежде всего новые активно развивающиеся направления: формационное, структурно-геометрическое, эволюционное и др., вопросы комплексного и количественного прогнозирования и наиболее общие критерии прогнозирования месторождений различных типов, связанных с теми или иными геологическими формациями.

Геология переживает сейчас бурный революционный период своего развития, она превратилась в одну из главных наук современности, охватывая проблемы от формирования отдельных элементов земной коры, их миграции и концентрации в виде месторождений полезных ископаемых до создания Земли как планеты. Открылись далекие горизонты, прояснились новые цели, окрепла уверенность и возросла смелость дерзаний. Со всей очевидностью обрисовался и новый рубеж на этом пути — рубеж разработки еще не созданной теории прогнозирования. Острая необходимость решения этого вопроса, диктуемая насущными задачами народного хозяйства, — гарантия того, что эта цель благодаря совместным усилиям работников научных и производственных организаций будет достигнута.

Пусть же наше совещание будет важной вехой на пути разработки теории прогнозирования, содействует укреплению единой научной платформы, определит общую стратегию и тактику в решении стоящих перед ними больших народнохозяйственных задач.

Итоги работы пленарных заседаний

ФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ

На пленарном заседании, посвященном формационному анализу, обсуждались три основных вопроса: 1) принципы выделения рудных формаций; 2) группировка рудных формаций (ряды, серии, комплексы и т.д.); 3) прогнозное значение выделения рудных формаций. На заседании были заслушаны доклады А.А.Оболенского - содокладчики В.А.Кузнецов, Э.Г.Дистанов (ИГТ СО АН СССР); И.Г.Магакьяна (АН АрмССР); Р.М.Константинова (ИГЕМ АН СССР); Е.В.Плюшева - содокладчики В.И.Васильев, В.И.Драгунов (ВСЕГЕИ). По этим докладам и опубликованным тезисам В.С.Кормилицына, П.А.Стровы (ВСЕГЕИ), Г.А.Твалчрелидзе (КИМС), П.Ф.Иванкина (СНИИГТИМС), В.П.Федорчука (ИМГРЭ), И.В.Крутя (ИИЕТ АН СССР), Д.В.Рундквиста (ВСЕГЕИ), В.В.Грузы, С.И.Романовского (ВСЕГЕИ), И.И.Абрамовича, Р.А.Жукова, Ю.Р.Ткачева (ВСЕГЕИ), В.В.Богацкого (КО СНИИГТИМС), Н.Н.Боровко (ВИРТ) развернулась плодотворная дискуссия, способствовавшая сближению различных точек зрения, уяснению сути разногласий и оценке прогнозных аспектов систематики и классификации геологических формаций.

I. Опубликованные тезисы, доклады и выступления выявили существенные различия между разными научными школами в принципах выделения геологических, в том числе и рудных, формаций, в понимании их объема, а также прогнозного значения тех или иных подходов.

Наиболее существенные расхождения сохраняются между сторонниками генетического и парагенетического (структурно-вещественного) подходов. Согласно широко известным определениям В.А.Кузнецова и И.Г.Магакьяна, рудная формация представляет собой груп-

пу месторождений со сходным минеральным составом и близкими геологическими условиями образования; она является характерным минеральным образованием, возникшим в определенных физико-химических условиях. Масштаб объекта относительно невелик — это рудное тело, штокверк, месторождение.

Подобный генетический подход наряду с очевидными достоинствами имеет и недостатки, так как прямо или косвенно ставит выделение рудных формаций в функциональную зависимость от решения таких сложных и дискуссионных вопросов, как определение условий отложения рудного вещества, места процесса рудообразования в истории развития региона, генетических связей эндогенной рудной минерализации с определенными типами магматизма или магматическими формациями и т.д.

Иное понимание объема рудной формации в рамках генетического направления отстаивали в тезисах и выступлениях В.С.Кормилицы и П.А.Строна. Принимая в качестве основополагающего принцип соответствия (равномасштабности) между геологическими и рудными формациями, они понимают рудную формацию как естественное сообщество месторождений полезных ископаемых, образовавшихся на определенных стадиях подвижных поясов или платформ в генетической или парагенетической связи с той или иной магматической, осадочной или иной метаморфической формацией. В качестве элементарных составляющих рудной формации предлагается выделять минеральные типы месторождений, которые могут быть конвергентными и повторяться в разных рудных формациях. Выделение многометалльных рудных формаций, по мнению данных исследователей, позволяет выдержать общий масштаб измерений геологических объектов во времени и пространстве и открывает путь комплексному использованию минеральных богатств наших недр.

Парагенетический, или структурно-вещественный, подход к выделению рудных формаций нашел отражение в докладах и тезисах В.И.Васильева, В.И.Драгунова, Е.В.Плющева, Д.В.Рундквиста, И.В.Крутя, В.В.Грузы, С.И.Романовского и др. Формационный анализ с этих позиций является лишь одной из геологических дисциплин, изучающих объекты одного формационного уровня организации^{х)}. Раз-

х) Проблемы развития советской геологии. Л., ВСЕГЕИ, 1971.

ывая представления В.И.Вернадского, Н.С.Шатского, Н.П.Хераскова о парагенезисе как сонахождении (а не сопроисхождении!) химических элементов, минералов, горных пород, сторонники этого направления при выделении формаций (в том числе и рудных) основываются на вещественном составе и структуре — закономерной пространственной связи парагенезисов (пород, руд), слагающих данную формацию. С этих позиций структура эндогенных рудных формаций определяется зональностью и характером границ между зонами, а структура большинства экзогенных формаций — ритмичностью толщ.

Геологическая формация рассматривается при этом как естественное природное тело (такое же, как минерал, парагенезис), имеющее определенный состав и структуру. Рудная формация — разновидность или часть геологической формации, характеризующаяся промышленными содержаниями того или иного полезного компонента.

Поскольку большинство систематических прогнозных, генетических и других построений опирается на понятие о структуре, в докладах и тезисах В.И.Васильева, В.И.Драгунова, Б.В.Плющева, Д.В.Рундквиста особое внимание уделено анализу структур геологических объектов различных уровней организации: анизотропии (зональности) и однородности (симметрии), конвергентности, полиморфизму, изоморфизму и соотношению структуры и морфологии объектов со структурой вмещающей среды, что позволяет судить об их пространственных и временных соотношениях.

В теоретическом аспекте концепция уровней организации привлекает внимание тем, что в ее рамках систему понятий, разработанную первоначально для одной или немногих отраслей знания, можно переносить в другие отрасли и тем самым существенно ускорять процесс развития науки в целом.

Положительное значение такого подхода заключается и в подчеркивании большой информативности зональности (ритмичности) руд, пород, в утверждении, что вещественный состав и зональность — реально измеряемые параметры — несут все необходимые сведения о рудной формации, в том числе, как следствие, и генетические. Именно здесь, в этом тезисе намечается определенное сближение вещественно-структурного (парагенетического) и генетического подходов. В такой же мере, в какой представления о генезисе выводятся из реальных особенностей состава и строения

руд, месторождений, массивов горных пород, толщ и т.д., они учитываются при вещественно-структурном подходе.

Сказанное объясняет причину того, почему, несмотря на столь существенные различия во взглядах исследователей на принципы выделения формаций, конкретно описываемые ими и намечаемые абстрактные формации оказываются по своему смысловому содержанию нередко близкими или даже тождественными (хотя названия формаций обычно существенно отличаются).

Можно заключить, что на совещании со всей очевидностью наметилась возможность конструктивного сотрудничества между сторонниками различных научных направлений, взаимного дополнения данных и создания единой систематики рудных формаций.

В целом, как было отмечено и в решении совещания, структурно-вещественный подход представляется перспективным, так как, беря за основу прямые наблюдения — состав и строение геологических тел, он существенно упрощает методику формационного анализа, исключая на стадии выделения формаций генетически всегда проблематичные выводы и следствия, открывает большие возможности в использовании ЭВМ для статистической обработки данных, разработки вопросов кодирования, систематики рудных формаций и их машинного описания. Вместе с тем методика вещественно-структурного формационного анализа остается еще мало разработанной; в частности, сохраняется неопределенность и различные толкования в вопросах разграничения формаций (допустимых в пределах колебаний в вещественном составе), в понимании, что такое структура формаций, как отличить случайные пространственные связи от закономерных и т.д., первичные формации от наложенных на них вторичных и др.

2. Судя по докладам, представленным на совещании, можно заключить, что характерной особенностью настоящего периода является большое внимание исследователей к вопросам группировки формаций — выделению их сообществ, рядов, серий (см. тезисы И.Г. Магакьяна, В.А.Кузнецова и др., Р.М.Константинова, Г.А.Твалчредидзе, В.С.Кормилицына и П.А.Строна и др.). Кроме рудных формаций, предлагается выделять серии, ряды, комплексы рудных формаций в объеме типовых рудных серий С.С.Смирнова и Ю.А.Билибина. В докладе В.А.Кузнецова, Э.Г.Дистанова и А.А.Оболенского пред-

лагается группировать эндогенные формации по связи с определенными типами магм и различными источниками рудного вещества. Намечены четыре генетические рудные серии (с ультраосновными магматическими магмами, с базальтоидными подкоровыми магмами, с гранитоидными внутрикоровыми магмами и без связи с магмами).

И.Г.Магакьян на основе 38 намеченных им рудных формаций предложил выделить 9 комплексов рудных формаций, возникших почти одновременно в конкретной геологической обстановке в определенном типе рудной провинции.

Весьма плодотворна попытка Р.М.Константинова оценить степень сходства геологических и минералогических характеристик месторождений с эталонными представителями рудной формации с помощью информационно-логических методов.

Сторонники вещественно-структурного подхода подчеркивали, что при разработке такого подхода необходимо четко разграничивать три понятия - иерархия, систематика и классификация.

Иерархия - общенаучная классификация объектов различных порядков и уровней организации - определяется местоположением геологических объектов в общем ряду: минерал - горная порода - формация - категория (геогенерация ?); систематика - естественная классификация объектов фиксированного уровня организации по вещественным и структурным признакам; классификация - любое подразделение, группировка предварительно систематизированных объектов (одного уровня) для генетических, прогнозных, экономических и других целей. С этих позиций содержащиеся в докладах и тезисах В.А.Кузнецова и др., И.Г.Магакьяна, Д.В.Рундквиста и др. группировки рудных формаций не противоречат друг другу и могут рассматриваться как взаимодополняющие классификации.

3. Все исследователи, независимо от подхода к выделению рудных формаций, подчеркивали важное значение формационного анализа при прогнозировании месторождений. С позиций концепции уровней организации элементарная единица прогнозирования зависит от масштаба исследования. При детальном исследовании в качестве объекта изучения выступает минерал, при крупномасштабных - минеральный парагенезис и парагенерация, при среднемасштабных - формация, при мелкомасштабных - категория (?).

Для целей прогнозирования месторождений с помощью формационного анализа основополагающей является закономерная взаимосвязь

геологических и рудных формаций: Изучение осадочных, магматических, метаморфических формаций, формаций кор выветривания на территории Союза, оконтуривание площадей их распространения, изучение их эволюции во времени — все это служит базисом научной оценки перспектив рудных районов, конкретизации вероятных промышленных типов оруденения, повышения эффективности геологосъемочных и поисковых работ. Устойчивые пространственные связи формаций и их парагенезисов (комплексов ?) в пределах структурных зон различных типов от региональных поясов до локальных рудных полей создают основу, как это было показано в тезисах Л.Ф.Иванкина, Р.М. Константинова, Г.А.Твалчрелидзе и др., широкого использования структурно-формационного районирования складчатых областей для целей прогнозирования. Развивая идеи С.С.Смирнова, многие докладчики (И.Г.Магакьян, А.А.Оболенский и др.) подчеркивали, что рудные формации с выдерживающимися в различных регионах особенно — смесями минерального состава руд, элементов-примесей, а нередко и средних масштабов оруденения являются одновременно и вполне определенными промышленно-экономическими типами месторождений, что имеет важное значение при планировании дальнейшего развития народного хозяйства.

Одним из важнейших приемов прогнозирования, как подчеркивалось в тезисах и докладах, является выделение зональных рядов рудных формаций в наиболее изученных рудных районах и сравнение с ними неполно проявленных рядов в плохо изученных районах. Отсутствие тех или иных членов зонального ряда позволяет предсказывать наличие и наиболее вероятное местоположение еще не установленных в районе рудных формаций естественно с учетом принципиально возможной редукции зонального ряда. Точно так же, предполагая наличие в данном районе той или иной формации и зная свойственные ей закономерности зонального распределения парагенезисов, можно прогнозировать местоположение еще не обнаруженных рудных тел, появление новых типов руд, характер изменения минерализации с глубиной и на флангах.

Другой эффективный метод прогнозирования на основе формационного анализа связан с выделением систематически устойчивых рядов рудных и нерудных минеральных парагенезисов, формаций или категорий (?), а далее по наличию на изучаемой территории

определенных рядов нерудных объектов с предсказыванием присутствия рудных образований. Существенную помощь при решении данной задачи может оказать применение вероятностно-статистических методов на базе ЭВМ. При этом в качестве признаков следует использовать виды парагенезисов и формаций, а в качестве экстенсивного параметра — количество индивидов каждого вида. На этом пути возможна и предварительная оценка масштаба оруденения с помощью методов распознавания образов.

Главнейшие задачи дальнейшего развития формационного анализа для целей прогнозирования вытекают из всего вышесказанного. Это, в первую очередь, уточнение связей геологических и рудных формаций, разработка систематики формаций, их детальное вещественно-структурное описание, выявление генезиса каждого вида формаций (филогенеза), эволюции формаций во времени, выявление факторов, благоприятствующих и неблагоприятствующих формированию и сохранению рудных формаций в истории геологического развития, переход к количественному прогнозированию руд в пределах структурно-металлогенических зон, рудных районов на базе устойчивых геолого-экономических характеристик рудных формаций.

СТРУКТУРНО-ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

На пленарном заседании, посвященном структурно-геометрическим основам прогнозирования месторождений, с докладами выступили А.Н.Кен (ВСЕГЕИ), М.А.Фаворская — содокладчик И.Н.Томсон (ИГЕМ АН СССР), Л.И.Четвериков (Воронежский ун-т), В.К.Денисенко (ВСЕГЕИ), В.В.Богачкий — содокладчик Б.И.Суганов (КО СНИИГТИМС) и П.Ф.Иванкин от имени большого коллектива авторов (СНИИГТИМС). По заслушанным докладам и опубликованным тезисам В.И.Васильева (ВСЕГЕИ), В.А.Соколова, П.А.Куликова (Казахский ун-т) развернулась оживленная дискуссия, что свидетельствует о важности и актуальности обсуждаемой проблемы.

Пленарное заседание прошло под знаком идей П.Кюри, В.И.Вернадского, Б.Л.Дичкова, И.И.Шафрановского, представления которых получили дальнейшее развитие и практическое преломление во многих докладах и тезисах.

На заседании была показана ведущая роль универсального принципа симметрии П.Кюри в изучении геологических, в том числе и рудных, объектов и вытекающих из применения этого принципа прогностических следствиях. "Элементы симметрии причин должны проявляться в вызванных ими следствиях. Когда в каких-либо явлениях обнаруживается определенная диссимметрия, то эта же диссимметрия должна проявляться в причинах, их породивших", - писал П.Кюри^{x)}.

Развивая на основе этого принципа концепцию о состояниях пространства, П.Кюри перенес идеи симметрии из кристаллографии в физику. Они были глубоко восприняты нашими соотечественниками В.И.Вернадским и Б.Л.Личковым, применившими идеи симметрии к анализу размещения важнейших структурных элементов земной коры, материков и океанов, критических параллелей и меридианов, сети линеаментов и т.д.

В.И.Вернадский писал: "Есть одна область явлений, которая в сущности лежит в основе всего естествознания и которая только сейчас на наших глазах выясняется во всем своем значении. Это пространственная геометрическая материальная основа всех земных материальных и энергетических проявлений, которая вошла в научную мысль как симметрия природных явлений"^{xx)}.

Анализируя и раскрывая этот принцип для случая гравитационного поля Земли, И.И.Шафрановский сформулировал следующие замечательные принципы: тела, ось роста которых совпадает с радиусом-вектором гравитации, обладают радиально-лучевой симметрией; тела, ось роста которых отклонена от радиуса-вектора, обладают билатеральной симметрией.

Если учесть, что вдоль оси роста тел, по радиусу-вектору и в плане от оси роста проявляется асимметричная зональность, т.е. структура, то в нашем распоряжении имеется полный спектр явлений из ряда: симметрия - асимметрия.

На заседании были рассмотрены вопросы прогнозирования разнообразных месторождений полезных ископаемых и рудных объектов других масштабов в пределах различных тектонических форм. Распределение рудных объектов в центральных тектонических формах

^{x)} М. К ю р и . П. Кюри. М., Наука, 1968, стр. 22.

^{xx)} В. И. В е р н а д с к и й . Химическое строение биосферы Земли и ее окружение. М., Наука, 1965, стр. 159.

нашло отражение в тезисах и докладах В.И.Васильева, М.А.Фаворской, И.Н.Томсона, Л.И.Четверикова, В.К.Денисенко, П.Ф.Иванкина и др., В.А.Соколова, П.А.Куликова; линейные рудоносные тектонические формы и особенности прогнозирования в них рудных объектов — в материалах А.Н.Кена, М.А.Фаворской, И.Н.Томсона, Л.И.Четверикова.

Прогнозирование оруденения на основе изучения геометрических форм рудных тел, симметричной и асимметричной зональности, т.е. их внутренней структуры, было рассмотрено в докладах и выступлениях В.И.Васильева, А.Н.Кена, Л.И.Четверикова, П.Ф.Иванкина и др., причем последнее выступление базировалось на основе атласа 50 наиболее изученных рудных полей СССР.

Вопросы применения симметрии при прогнозировании некоторых совокупностей рудных объектов получили детальное освещение в докладах А.Н.Кена, Б.И.Суганова и В.В.Богацкого, причем доклад А.Н.Кена раскрывал также методы реконструкции первичного распределения рудных объектов, подвергнутых совместно с вмещающими толщами складчатым, разрывным, инъективным и метаморфическим преобразованиям. В качестве метода реконструкции предлагается развертка рудоносных палеоуровней, вплоть до приведения их к первично горизонтальному залеганию. На таких поверхностях наглядно отражаются первичные закономерности распределения оруденения, что позволяет точно наметить положение некоторых рудных объектов в складчатых толщах.

Ввиду асимметрии среды по радиусу-вектору гравитации вдоль оси роста в рудных объектах возникает асимметричная вертикальная, а вдоль симметричной поверхности сферы — симметричная горизонтальная зональность. Зональность, т.е. упорядоченное изменение вещественного состава по определенному вектору, — это и есть структура рудных объектов. Поэтому в любом рудном объекте должны быть изучены зональность, симметрия структуры и формы тела. Симметрия формы в общем случае выше симметрии структуры. Одной из характеристик симметрии структуры и формы рудных объектов может служить индикатриса анизотропии (Л.И.Четвериков)!

Внутреннее строение рудных объектов несет в себе неизгладимый отпечаток структуры вмещающей среды в момент их формирования: зональности и симметрии. Возникнув, рудные объекты подвергаются различным геологическим преобразованиям: пликативным,

дизъюнктивным, инъективным, метаморфическим и т.д. При этом первичные формы и структуры рудных объектов искажаются, затушевываются наложенными процессами, но даже по отдельным фрагментам внутренней структуры нередко удается воссоздать первичное положение объектов и их возраст, что повышает надежность научного прогнозирования (А.Н.Кен).

Симметрия проявляется не только во внутреннем строении рудных объектов, но и во взаиморасположении их совокупностей, т.е. во множествах рудных тел, месторождений, рудных полей, узлов, металлогенических зон, рудных поясов и провинций. Так, в практике и теории научного прогноза широко используется эмпирически установленное правило повторения тождественных или сходных объектов через определенный шаг. Рудные объекты при этом могут располагаться взаимопараллельно по горизонтали и вертикали, с кулисообразным смещением, с изменением масштабов. Иногда они залегают в узлах пересечения двух и более систем параллельных разломов. Определение шага между параллельными рудными объектами и направления их смещения, размера пространственной фигуры, в вершинах которой располагается оруденение, позволяет путем несложных симметричных преобразований (трансляции, трансляции с преобразованием подобия, зеркального отражения, зеркального отражения с вращением и т.д.) установить по расположению известных рудных объектов неизвестные, т.е. максимально эффективно с небольшими экономическими затратами прогнозировать количество рудных объектов и даже запасы в пределах различных территорий.

В структурах центрального типа (центральных, центрально-площадных, кольцевых, куполовидных и т.д.) давно подмечено радиальное и концентрическое расположение рудных объектов. Для обнаружения еще не открытых рудных тел, месторождений, полей и узлов в этих случаях могут с пользой применяться понятия симметрии "группа вращения", "центр инверсии" и др. Если структура центрального типа имеет в плане круговидную форму, то между радиально расположенными рудными телами углы и площади нередко оказываются постоянными. Если структура центрального типа имеет в плане эллиптическую форму, то между радиально расположенными рудными объектами углы обычно варьируют, но площади остаются примерно равными (см. тезисы В.И.Васильева). Структуры

центрального типа нередко сопровождаются гранитоидным и липаритовым магматизмом. Как показал в докладе В.К.Денисенко, локальные магматические очаги могут совпадать с гипоцентрами близповерхностных землетрясений, причем состав магматических образований определяется усредненным вещественным составом пород блока. Для салических блоков в этом случае характерно преимущественно оловянное, для мафических — молибден-вольфрамовое оруденение. Комагматичность рудоносных гранитов и липаритов, связанных с кольцевыми структурами, в ряде случаев определяет появление в эффузивах месторождений "деревянистого олова", бериллиевого и цезиевого оруденения и др.

Глубина эрозионного среза структур центрального типа определяет сохранение или несохранение оруденения, поэтому в ряде тезисов были рассмотрены способы установления глубины эрозии. Так, В.А.Соколов и П.А.Куликов установили прямую корреляцию между площадью выходов интрузий на поверхность и глубиной эрозионного среза. И.Н.Томсон и М.А.Фаворская, В.И.Васильев предлагают определять глубины среза путем геометрической реконструкции куполов и сводов на момент рудообразования. Глубина эрозии оруденения, по предложениям П.Ф.Иванкина, Л.И.Четверикова и др., может быть установлена путем изучения вертикальной и латеральной зональности рудных объектов, реконструкции индикатрисы анизотропии каких-либо параметров оруденения.

Закономерное симметричное распределение рудных объектов относительно друг друга или других геологических объектов искажается при наложении складчатых, инъекционных и разрывных нарушений, а также при метаморфизме. Путем реконструкции первичной поверхности рудоотложения, заключающейся в развертке складок, приведении смещенных по разломам блоков к одному уровню и удалении инъективных тел, выявляются первичные закономерности распределения рудных объектов в плоскости поверхности рудоотложения: радиальное, концентрическое, параллельное (через равный шаг), узловое и т.д. На эту поверхность, используя выявленные группы симметрии, наносят положение неоткрытых рудных объектов, которые вслед за этим переносятся в современные тектонические формы.

По единодушному мнению участников пленарного заседания, структурно-геометрический подход к прогнозированию приобре —

тает в настоящее время все большее значение. Возможности развития и совершенствования этого метода для целей прогнозирования далеко не исчерпаны и требуют интенсивной разработки.

Одной из важнейших задач дальнейшего совершенствования структурно-геометрических основ прогнозирования является разработка различных методик и геометрических способов для различных пространственных групп рудных тел и месторождений — пластовых (площадных), жильных (линейных), изометричных (центральных, точечных) и др.

ФАКТОР ВРЕМЕНИ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ

На пленарном заседании, посвященном фактору времени при прогнозировании месторождений, были заслушаны доклады Д.В.Рундквиста (ВСЕГЕИ) о закономерностях развития минерализации во времени, К.О.Кратца с группой содокладчиков (ЛАГЕД, ВИМС, ВНИИСИМС) о металлогенических циклах докембрия; В.И.Бергера — содокладчик М.И.Ициксон (ВСЕГЕИ) — о прогнозировании на основе сравнительно-металлогенического анализа фанерозойских складчатых областей; Н.С.Малича — содокладчик В.В.Туганова (ВСЕГЕИ) — о прогнозировании полезных ископаемых на основе историко-эволюционного анализа развития формаций платформ; Е.М.Головина (САИГИМС) о прогнозировании эндогенного оруденения на основе волновой концепции развития тектоно-магматического процесса во времени и С.Г.Магомедова (ЦИГУ) о прогнозировании месторождений, возникающих на различных стадиях прерывисто-непрерывного геологического процесса. Кроме докладов, были обсуждены опубликованные тезисы С.Н.Калабашкина (ВСЕГЕИ), Е.А.Баскова, С.Н.Сурикова (ВСЕГЕИ) и Э.П.Тихоненкова (ИМП МГУ СССР).

Открывая заседание, член оргкомитета В.И.Драгунов подчеркнул, что в естественных науках существует вполне ясная тенденция так или иначе ограничивать значение временных составляющих и отдавать предпочтение пространственным составляющим при построении научной картины явлений. Пространственно-временные закономерности в геологии охватывают закономерности формы, про-

тяженности, размещения, длительности, последовательности становления геологических явлений, которые в их естественнонаучной постановке представляют проблему движения. Проблемы временного описания реальности, являющиеся наиболее сложными проблемами естествознания, расчлняются на : 1) проблему эволюции, развития в целом, 2) проблему направленности и периодичности в развитии тех или иных объектов, 3) проблему синхронизации.

Фундаментальное значение эволюции, первоначально уясненное в явлениях живого вещества, осознается и в явлениях вещества неживого - косного, по выражению В.И.Вернадского. Научным инструментом анализа эволюции живого вещества стал биогенетический закон Мюллера-Геккеля; научным инструментом анализа эволюции косного вещества становится отмеченный Д.В.Рундквистом геогенетический закон, введение которого представляется итогом предшествующих поисков в геологии закономерностей развития. Введение биогенетического и геогенетического законов стало возможным в связи с расчленением понятия "происхождение" (развитие, генезис) на понятия "происхождение (развитие, генезис) вида" - филогенез и "происхождение (развитие, генезис) индивидуального вида, рода" и т.д. - онтогенез.

При всех стремлениях ограничить и даже полностью элиминировать значение временных аспектов в научной картине мира проблема временного описания неизменно сохраняет свое значение, поскольку не только пространство, но и "... время есть одно из основных проявлений вещества, неотделимое от него его содержание"^{X)} В проблеме развития природных объектов выделяются два наиболее существенных вопроса: а) становление нового вида природных объектов - новой формы, новой матрицы, по которой они затем воспроизводятся в том или ином числе; б) воспроизведение этих объектов по данной матрице.

Геологические разрезы не дадут ответа на первый вопрос, однако следует попытаться получить ответ на второй вопрос.

Биогенетический и геогенетический законы позволяют выявить по онтогенетическому развитию индивидов особенности филогенетического развития их видов, родов и т.д. Подобные реконструкции дают представление о последовательности и форме изменений, закрепляемых отбором, но оставляют без ответа вопрос о их при-

^{X)} В.И.Вернадский. Проблема времени в современной науке. Изв.АН СССР, сер.геол., вып.4, 1932, стр.512.

чине. Тем самым наиболее существенное содержание проблемы времени в ее естественнонаучной постановке — становлении — остается нерешенным.

Проблема направленности и периодичности геологического развития, и в том числе минератогенеза, должна найти свое принципиальное решение на основе концепции уровней организации. Она может быть рассмотрена в двух аспектах: а) в аспекте роста организации системы и б) в аспекте роста "хаоса" согласно второму закону термодинамики.

Рассматривая Землю, оболочки, формации, горные породы, минералы как индивидуальные тела, геолог тем самым рассматривает и их онтогенетическое направленное индивидуальное развитие, т.е. направленность связывается с индивидуальностью объекта.

Проблема синхронизации решается методами стратиграфии и радиологии.

Особое значение при исследованиях подобного рода имеют рудные и рудоносные объекты. Изучение их распределения в геологическом пространстве современности позволяет выделять этапы и фазы рудообразования, прогнозное значение которых несомненно. "Руды", изучаемые как объекты различного уровня организации, являются благоприятными для изучения временных закономерностей.

В докладе К.О.Кратца и др. изложены результаты первой металлогенической интерпретации Тектонической карты фундамента СССР (редактор В.А.Дедеев) и Карты метаморфических поясов СССР (редактор В.А.Глебовицкий) масштабов 1:5 000 000. Металлогенический анализ был основан на выделении металлогенических этапов, соответствующих главным тектоно-метаморфическим мегациклам. Последние определяются возрастом складчатости (временем общей инверсии геосинклинального прогиба). Намечено 5 металлогенических мегациклов с временными интервалами примерно в 600 млн. лет. Металлогенический анализ сопровождается выделением классов прометаморфических и ортометаморфических метаморфогенных полезных ископаемых, причем каждый класс подразделяется на группы формаций. Отмечается эволюционное усложнение и изменение вещественного состава металлогенических формаций при развитии земной коры в течение докембрия и фанерозоя.

Доклад В.И.Бергера и М.И.Ицикоона был посвящен прогнозной оценке рудоносных территорий на основе сравнительного металлогенического анализа, т.е. метода аналогий. Существенными чертами изложенного подхода являются использование однотипности строения земной коры прогнозируемой территории и эталонного района-аналога, сходство истории геологического развития, металлогеническая унаследованность в развитии геоблоков, существование родственных и антагонистических металлогенических ассоциаций. Использование данного метода позволило наметить Великую Северо-Тихоокеанскую золотоносную и подобную же субпланетарную ртутоносную дуги. Они отчетливо трансрегиональны, связаны с глубинной ретмагматической системой ослабленных зон древнего заложения, полихронны (от докембрия до миоцена). Развитие их сопровождалось не только приносом новых порций рудных компонентов — золота и ртути, но и их ремобилизацией.

Результаты проведенного авторами анализа значительно расширяют и уточняют перспективы Северо-Востока СССР на обнаружение месторождений золота, ртути, сурьмы, медноколчеданное и медно-молибденовое, а также полиметаллическое оруденения.

Доклад Е.А.Баскова и С.Н.Сурикова, посвященный металлоносности термальных вод Тихоокеанского подвижного пояса, существенно дополняет предыдущий доклад сведениями о 9 типах гидроминералогических зон с различной металлоносностью, которые хорошо совпадают с известными рудными провинциями и могут служить дополнительным критерием для целей регионального прогнозирования на новых территориях.

Н.С.Малич и Е.В.Туганова рассмотрели историю развития чехла Сибирской платформы начиная с палеопротозоя и кончая кайнозоем. В этом временном интервале намечено 9 этапов, синхронных с формированием геосинклиналей и орогенов ее обрамления. В каждом этапе выделяются трансгрессивная, инундационная, регрессивная и эмерсивная стадии развития, характеризующиеся определенным набором формаций. С течением времени отмечается нарастание скорости, амплитуды, контрастности тектонических движений и разнообразия возникающих тектонических структур. Рассмотрено распределение рудоносных формаций во времени. К трансгрессивной стадии каждого этапа приурочены фосфоритоносные, железоносные, зо-

литоносные и марганцевоносные формации, к регрессивной - угленосные, соленосные, медьсодержащие, свинецсодержащие и реже золотоносные формации. С эмерсивной стадией связаны формации кор выветривания и эндогенные месторождения железа, титана, никеля, меди, кобальта, платины, иридия, палладия, золота, серебра, свинца и цинка, графита, исландского шпата, стронция, бария, флогопита, апатита, тантала, ниобия, алюминия, хрома и алмазов, обусловленные проявлениями магматизма. Продуктивность магматических формаций нарастает от этапа к этапу, достигая максимума в среднем и позднем палеозое и раннем мезозое. Для каждого этапа развития платформы выделены структурно-формационные зоны, контролирующие пространственное размещение рудоносных формаций.

Б.М.Головин предложил использовать в качестве фундамента различных методов прогноза эндогенных рудных образований геохроно-тектонические исследования, или волновую концепцию тектономагматического процесса. На примере плутонических серий орогенных периодов фанерозоя Средней Азии докладчик показал пространственно-временное смещение батолитовых и постбатолитовых интрузий вначале с севера на юг, а затем в обратном направлении. Соответствующую миграцию испытывают и связанные с плутонами различные типы оруденения. Волновой характер тектономагматического процесса заключается в поступательно-восходящем развитии (включая рудогенез) в батолитовый этап и возвратно-нисходящем - в постбатолитовый этап в данной геоструктуре.

В дискуссионном докладе С.Г.Магомедова были рассмотрены факторы времени образования рудных месторождений с точки зрения длительности и последовательности природных явлений, непрерывности и прерывистости эволюции Земли. Эндогенные месторождения рассматриваются как явления единичные, аномальные в ряду большинства геологических образований, возникающие в краткие отрезки времени. Сингенетические экзогенные месторождения формируются, напротив, длительное время. Выделяется также группа месторождений, обладающая чертами как эндогенных, так и экзогенных месторождений. По мнению докладчика, экзогенные месторождения есть результат геологических процессов глобального характера, поэтому прогнозирование их должно также носить гло -

бальный характер; прогнозирование эндогенного месторождения как явления аномального на нашем уровне знаний еще не представляется возможным.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ВО ВРЕМЕНИ ПРИ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Обсуждение особенностей развития минеральных образований — минералов, пород, руд, формаций — обычно ограничивается сопоставлением самых общих данных о времени их проявления в истории геологического развития и последовательности формирования (выделением стадий, этапов, фаз и т.д.).

Вместе с тем при разработке теории прогнозирования — оценке перспектив территорий, выявлении новых типов оруденения и локализации площадей для поисков — временные закономерности развития минеральных образований в геологических процессах могут использоваться значительно шире. Важным представляется анализ данных не только "абсолютного" возраста процесса, но и "относительного" времени его проявления, отсчитываемого по отношению к какому-нибудь характерному предшествующему или последующему геологическому событию — времени инверсии, складчатости, развитию разрывных нарушений, проявлению магматизма, метаморфизма, осадконакопления и т.д. Полезную для практических целей информацию может дать восстановление возрастных и эволюционных рядов минеральных образований: таких особенностей их, как гомо- и антидромная направленность, полнота и контрастность рядов, перерывы в рядах и др. Практическое применение могут иметь также закономерности, вытекающие из анализа динамики развития минерализации во времени — центробежного или центростремительного развития зональности, ускорения (акселерации) процессов с ходом геологического времени и др.

В развитии представлений об особенностях формирования минерализации во времени и, соответственно, возможности использования их в практических целях можно наметить три различных

подхода, а вместе с тем и три метода анализа геологических данных.

Первый подход, вытекающий как следствие из общего принципа актуализма, практически отрицает значение фактора времени при прогнозировании в силу основного тезиса о принципиальной тождественности геологических процессов в далеком прошлом и настоящем. Все известные отличия минерализации молодых и древних областей рассматриваются лишь как следствие их неодинакового эрозионного среза. Такой подход, превадировавший в недавнем прошлом, в последнее время неоднократно критиковался (работы Н.С.Шатского, А.И.Тугаринова, М.М.Василевского и др.). Установлено, что в пределах глубокоэродированных молодых альпийских областей и малоэродированных древних областей общие возрастные отличия минерализации сохраняются. Кроме того, при исследовании оруденения по вертикали в глубоких эрозионных врезках и в скважинах не установлено переходов от "молодых" к "древним" типам оруденения.

Второй подход, отражающий существенное отличие минерализации различных металлогенических эпох, приуроченность отдельных типов оруденения к определенным возрастным рубежам, является следующим этапом в познании закономерностей формирования минерализации во времени. Однако методика выявления металлогенических эпох, основывающаяся при этом на чисто эмпирических статистических обобщениях (суммарные запасы, количество месторождений по хронологическим периодам), неизбежно предопределяет некоторую формальность получаемых выводов. В силу этого применение их на практике обычно затруднено и требует внесения многочисленных поправок при конкретном изучении каждого региона.

Кроме того, подход "по эпохам" анализирует суммарную картину неравномерностей распределения месторождений различных генетических типов и металлов во времени и не ставит своей задачей исследование изменений каждого типа минерализации и его взаимосвязи с другими в геологической истории. В этом как бы сохраняются еще черты актуалистического подхода.

По мнению автора, третий — эволюционный подход, основывающийся на представлении о закономерном

эволюционном изменении минеральных образований (пород, руд, месторождений) в геологической истории, является логически следующим звеном в развитии представлений о формировании минерализации во времени. В основе представлений об эволюции лежат многочисленные факты, отмечавшиеся в работах многих исследователей (список приводился в предыдущих публикациях). Эти факты указывают на общую тенденцию в развитии минерализации от простых образований к все более сложным, на возникновение вместо одного типа многих новых, все более "продвинутых" в своем развитии, все более "специализированных", с все большим разобщением источников и мест локализации. Все это дает возможность рассматривать генезис минеральных тел в двух аспектах: с точки зрения онтогенеза (индивидуальной истории) и филогенеза (истории вида в общем геологическом развитии), и свидетельствует о проявлении в процессе минералообразования закономерности, близкой по смыслу к основному биогенетическому закону в биологии (онтогенез есть краткое и ускоренное повторение филогенеза), и сохранении единой направленности процесса в различных масштабах времени.

С точки зрения эволюционных представлений, каждое минеральное образование земной коры возникает как определенное звено эволюции, имеет своих "предков" в предшествующих эпохах и "потомков" в последующих, основные тенденции возрастной эволюции минеральных образований (их вещественного состава и структуры) закономерны и отражают направленное развитие Земли в геологической истории.

Практические следствия, вытекающие из эволюционного подхода к развитию минеральных образований, суммированы ниже в последовательности: возраст развития минерализации (I), последовательность развития минерализации (II), динамика развития минерализации (III).

1. АБСОЛЮТНОЕ И ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ВРЕМЯ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

1. Использование данных об абсолютном возрасте развития минеральных образований. В основе разработки этих вопросов лежат закономерности, установленные исследователями при изучении металлогенических эпох. Для каждой геологической структуры наиболее перспективны те виды полезных ископаемых (металлы и неметаллы) и те генетические типы и формации, максимум распространения которых в истории геологического развития совпадает с временем активных геологических процессов в данной структуре. При этом естественно, что наиболее существен учет времени при прогнозировании тех видов полезных ископаемых, для которых выявляются четкие возрастные рубежи и максимумы распространения в геологической истории. Например, среди месторождений типа железистых кварцитов наиболее богатые — повсеместно архейские; золото-ураноносные конгломераты известны только в нижнем протерозое; сульфидно-касситеритовые месторождения дают отчетливый максимум распространения в мезозое; наиболее ценные золото-серебряные — позднемеловые-миоценовые; промышленные латеритные бокситы — кайнозойские (неогеново-четвертичные) и т.д. Данные о наиболее характерных полезных ископаемых различных эпох приведены в работах Ю.А.Билибина, Ф.С.Тюрнера, В.И.Смирнова, И.Г.Магакьяна, М.И.Ициксона, А.И.Семенова, И.А.Быхова, В.С.Домарева, С.Д.Шера и др.

Учет степени характерности того или иного типа оруденения особенно важен на начальных стадиях прогнозной оценки территории, когда по шлихам и отдельным рудопроявлениям необходимо правильно сориентировать поиски на наиболее вероятный промышленный тип оруденения.

Принимая во внимание установленные максимумы распространения той или иной рудной формации в истории геологического развития, при прогнозировании следует, однако, иметь в виду отмеченные выше общие эволюционные закономерности, определяющие возможность обнаружения возрастных аналогов данного типа оруденения в более древних или молодых регионах. Так, например, в последние годы в Казахстане, Средней Азии — типичных палео —

зойских складчатых областях — выявлены возрастные аналоги "третичного" эпitherмального золото-серебряного оруденения; в герцинидах Рудных гор и Киргизии — аналоги типично мезозойского сульфидно-касситеритового оруденения и т.д.

В связи с этим наряду с вероятностью обнаружения того или иного типа оруденения, вытекающей из представления о металлогенических эпохах, необходимо иметь в виду и возможность выявления промышленно ценных, но нехарактерных для анализируемого возрастного диапазона типов оруденения. Однако в этом случае и сами месторождения обычно оказываются мелкими по масштабам и нетипичными по свойствам.

Анализируя общие особенности таких "отклонений" в составе руд и строении формаций, можно прийти к ряду выводов, конкретизирующих общие особенности возрастной эволюции.

1. В более древних образованиях, как правило, более полное развитие и в рудах, и в метасоматических породах имеют парагенезисы минералов, более ранние по последовательности развития (обычно относительно более высокотемпературные и более глубинные), в более молодых, напротив, более поздние.

2. В более молодых по возрасту месторождениях при прочих равных условиях обычно возрастает относительное количество менее распространенного элемента, обладающего меньшим кларком; в составе руд увеличивается относительная роль элементов с высокими кларками концентраций. Например, в молодых мезозойских медно-никелевых месторождениях отношение Cu/Ni обычно более высокое, чем в палеозойских, молодые плутогенные медно-молибденовые месторождения нередко "аномально" обогащены молибденом (Дагтакертский тип); молодые палеозойские пегматиты преимущественно редкометалльные; карбонатиты более молодых областей в целом обладают более высокими отношениями Ta/Nb , Y/Ce и т.д.

3. Руды более молодых месторождений более сложные, с большей изменчивостью минерализации по простиранию, падению, мощности, более индивидуальные. Простые "элементарные" составляющие, органически слагающие древние минеральные образования, в более молодых приобретают самостоятельное значение и все более обособляются в пространстве: первоначально в масштабе месторождений, затем рудных полей и далее — рудных зон.

Например, единый комплекс пород офиолитовых поясов архея "распадается" в истории развития на составляющие. Как указывает Л.И.Салоп, устойчивая в архее ассоциация метавулканитов с железистыми кварцитами и высокоглиноземистыми породами в протерозое уже редкость. В палеозое каждое из этих образований встречается в самостоятельных зонах. Породы, слагающие сложные гранитоидные массивы в докембрии и палеозое в молодых областях, встречаются изолированно; сложные комплексные руды, характерные для докембрия Карелии, Финляндии, Швеции, представленные совмещенными стратифицированными - скарново-грейзеновыми образованиями типа Диткярантского месторождения, в молодых областях разобщены и проявляются как самостоятельные стратифицированные полиметаллические, скарновые железо-медные и грейзеновые редкометалльные.

Плутоногенные медно-молибденовые и сульфидно-касситеритовые, все более индивидуализируясь в мезокайнозое, все более разобщаются в структурах как друг от друга, так и от грейзеновых, хотя в палеозойских провинциях они могут быть совмещены (Северное Прибалхашье - медно-порфировое и W-грейзеновое оруденение; Рудные горы, Киргизия - турмадиново-сульфидная минерализация и грейзеновая).

Отмеченные закономерности отражают лишь самые общие тенденции возрастной эволюции и обычно затуманены в силу проявления других особенностей процесса минералообразования: его "относительного" возраста, направленности, зависимости состава и строения возникающих минеральных продуктов от динамики развития, скорости, длительности, которые обсуждаются ниже.

2. Использование данных об относительном возрасте развития минеральных образований. Анализ материалов с целью установления закономерностей развития минерализации в различных масштабах времени - тектоно-магматическом цикле, этапе, стадии и т.д. имеет важное значение при разработке критериев прогнозирования рудных формаций и может вносить существенные "коррективы" и дополнять данные об общей временной эволюции. Поясним это на нескольких примерах:

Так, медно-порфировые месторождения, как установлено в последнее время, возникают неоднократно в процессе развития складчатых областей (Павлова, Рождественский и др., 1971): на равнинных

этапах в тесной ассоциации с колчеданным оруденением (божекуль-ский тип), в средние этапы на поднятиях при проявлении плутоно-генного магматизма (кальмакырский тип), а также в поздние эта-пы орогенного вулканизма (некоторые рудопроявления Охотско-Чу-котского вулканогенного пояса).

Естественно, что отличия в составе руд, метасоматических пород, комплексе элементов-примесей, особенностях структуры та-ких месторождений могут быть большими и "перекрывать" отличия однотипных, но разновозрастных образований, например аналогич-ные месторождения герцинит и каледонид или герцинит и киммерид.

Точно так же единая группа скарновых месторождений, возни-кающая на различных стадиях единого геосинклинального процесса (скарны с габбро-плагиогранитами, "батолитовыми" гранитами, поздними малыми интрузиями гранитов), неоднородна. Месторождения существенно отличаются друг от друга по комплексу рудных элемен-тов, полноте проявления различных стадий единого процесса.

Таким образом, временной анализ особенностей состава, строе-ния каждой из разновидностей того или иного генетического или формационного типа должен проводиться в первую очередь с учетом их относительного времени формирования - очередности по отноше-нию к моменту инверсии вмещающих структур или складчатости, началу или концу формирования "наложенных" прогибов, длительно-сти "паузы" относительной стабилизации и т.д.

Проиллюстрируем это на примере грейзеновых месторождений, которые образуются, как известно, в широком возрастном диапазо-не (1100 - 60 млн. лет) с максимумом в интервале 300-80 млн. лет. На фоне такой "растянутости" их формирования в геологической истории относительные возрастные закономерности представляются значительно более конкретными. В частности, образование грейзе-новых месторождений всегда следует непосредственно ($\Delta t \sim 1-10$ млн. лет) за становлением гранитов. Это давно известное положение, рассматриваемое обычно в генетической трактовке (как генетическая или как парагенетическая связь оруденения и маг-матизма), всегда широко использовалось на практике. Помимо этого, можно установить, что образование гранитов, сопровожда-емых грейзеновыми месторождениями, характерно лишь для тех бло-ков земной коры, которые испытали предшествующую длительную

(обычно > 75 млн. лет) консолидацию. При этом выясняется, что чем больше эти возрастные "паузы", тем более полно в общем случае проявлены собственно грейзеновые парагенезисы, тем шире получают развитие щелочные полевошпатовые метасоматиты, редкометальное оруденение, тем отчетливее связь с месторождениями типа апогранитов с флюоритовой минерализацией и т.д.

Относительные возрастные закономерности "нацеливают", таким образом, при поисках месторождений подобного типа на древние палеоподнятия, указывают на необходимость выделения наиболее устойчивых блоков ранней консолидации и первоочередное опоскование их краевых частей, контролирующих развитие благоприятного магматизма.

По существу, именно на данных об относительном возрасте различных магматических и рудных комплексов и формаций основано все учение Ю.А.Билибина о металлогении: за возрастные "реперы" им взяты главные фазы складчатости и, в частности, переход от геосинклинального этапа к этапу складчатого пояса. Вместе с тем можно заключить, что для анализа процессов минералообразования не меньшее значение может иметь индивидуальная история непосредственно вмещающей формации зоны, время ее частной инверсии, длительность стабилизации и т.д. Вследствие "интерференции" в ходе формирования минеральных комплексов и формаций процессов, подчиняющихся эволюции резко различных масштабов, очевидно, что одной возрастной шкалы (начальные, ранние, средние, поздние, конечные этапы) для измерения относительного времени и привязки всех процессов минералообразования недостаточно. По-видимому, целесообразно определять целый ряд возрастных "параметров" процесса, в частности относительное время (Δt) по отношению к главнейшим предшествующим событиям в масштабе рудного поля (магматизм - оруденение, ранние - поздние минеральные парагенезисы и т.д.), структурно-металлогенической зоны (осадконакопление - оруденение, вулканизм - оруденение, магматизм первой - последней фазы, рудные формации начальные - конечные и т.д.), всей складчатой области и, наконец, мегаскладчатой области, объединяющей полициклично развивающуюся систему разновозрастных складчатых областей.

На примере Забайкалья и Монголии ранее можно было пока - зать, что такой "многозаходный", с точки зрения определения

времени, подход позволяет объяснить причину различных возрастных "аномалий". В частности, например, близкое (180-140 млн. лет) время образования всех оловянно-вольфрамовых месторождений на этой территории вне зависимости от их локализации в пределах Байкалид, каледонид, герцинид или киммерид, противоречащее общим представлениям о развитии складчатых областей, оказывается закономерным при рассмотрении времени их формирования в масштабе мегацикла (байкалиды - киммериды) и соответствует периоду замыкания последних юрских геосинклинальных прогибов.

П. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

"Схема нормальной возрастной последовательности минеральных и интрузивных комплексов, - как указывал Ю.А.Билибин еще в 1955 г., - имеет значительно более глубокий смысл и является тесно увязанной с общим ходом геологического развития соответствующих подвижных зон".

К настоящему времени накоплен обширный материал по вопросу о временной связи формирования магматических пород и руд, охарактеризованы возрастные ряды формаций (рудных, интрузивных, вулканогенных, осадочных и метаморфических) для отдельных районов, рассмотрены фациальные переходы формаций и т.д. Все это дает основание для более полного анализа закономерностей развития минеральных образований во времени и более широкого использования их на практике.

Наиболее полную информацию о последовательности развития можно получить из анализа эволюционных рядов минеральных образований. В отличие от возрастного ряда, указывающего на последовательность развития минеральных образований в каждом данном месте, эволюционный ряд объединяет генетически родственные минеральные образования, которые могут быть локализованы в одной или нескольких сопредельных структурах (районах, зонах), возникают в закономерной хронологической последовательности и взаимосвязи друг с другом, обнаруживая при этом определенную преемственность в своем развитии.

В частном случае эволюционный ряд может совпадать с возрастным при локализации всех минеральных образований эволюционного ряда в единой структуре. Однако чаще эволюционный ряд объединяет

родственные продукты, локализованные в различных структурах. Так, эволюционный ряд колчеданных рудных формаций, характерных для начальных - средних этапов развития складчатых областей, объединяет формации первоначально типичных эвгеосинклинальных зон, а затем сопредельных поднятий. Эволюционный ряд средних - поздних этапов обнаруживает противоположную "миграцию": его ранние члены сначала локализуются на поднятиях (пегматиты), затем в их краевых частях (грейзены) и, наконец, в прогибах (сульфидно-касситеритовые месторождения).

При построении эволюционных рядов необходимо соблюдать определенные правила. Во-первых, все члены единого эволюционного ряда обязательно должны быть минеральными образованиями одного уровня организации (нельзя сводить в один ряд последовательность образования формаций и парагенезисов или пород и минералов и т.д.). Во-вторых, члены одного уровня должны представлять собой соизмеримые целостные природные тела (нельзя в единый ряд включать целостные образования, например формации или минералы, и их части, отдельные толщи формации и, для ряда минералов, зоны кристалла и т.д.).

Для практических целей могут иметь значение следующие характеристики эволюционных рядов.

1. Направленность эволюции, т.е. основная тенденция изменения состава разновременных минеральных образований в ряду. В самом общем виде она может быть охарактеризована как гомодромная или антидромная для магматических пород, прогрессивная или регрессивная для метаморфических и метасоматических пород, трансгрессивная или регрессивная для кластических пород и т.д.^{х)}

Так, обычная последовательность в ходе развития ультраосновных - основных пород, приводящая к образованию медно-никелевых месторождений - нормальная гомодромная; при развитии грани-

х) Термины "гомодромный" (от греческих слов "гомо" - один и "дром" - путь, т.е. идущий по одному пути) и "антидромный" (идущий в противоположном направлении) используются во многих петрологических работах. Гомодромными называют ряды минералов и парагенезисов, развивающиеся в соответствии с рядом Боуэна; аналогично применительно к породам и формациям гомодромный ряд ориентирован в сторону возрастания кислотности более поздних минеральных образований, антидромный - с тенденцией к увеличению осн - новости.

теплых пород ряда гранодиорит → гранит, с которыми обычно тесно связаны оловянно-вольфрамовые скарновые месторождения, - гомодромная; при формировании "послебаботолитовых даек" так называемого второго этапа, по терминологии В.С.Коптева-Дворникова, - антидромная. Ряд минералов и пород скарнов: от безводных силикатов к водным и далее к карбонатам и цеолитам - соответствует нормальному регрессивному ряду и т.д.

2. Соотношение направленности эволюции. Самостоятельное смысловое значение имеют три случая:

а) Соотношение направленности в эволюционных рядах различных уровней, т.е. в ходе развития процесса на уровне формаций ($A \rightarrow B \rightarrow B \rightarrow \Gamma \dots$), на уровне слагающих их парагенезисов (породы, руды $\alpha \rightarrow \beta \rightarrow \gamma \rightarrow \delta$) и участвующих в их строении минералов ($a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$).

б) Соотношение направленности в эволюционных рядах различных порядков, одного уровня. Например, в ритмичности разных порядков формаций ($A \rightarrow B \rightarrow B \rightarrow \Gamma$)^I, ($A \rightarrow B \rightarrow B \rightarrow \Gamma$)^{II}, зональности различных порядков в пределах кристалла.

в) Соотношение направленности эволюционных рядов одного уровня и порядка, последовательно проявляющихся (1, 2, 3 и т.д.) в ходе процесса [$1(A \rightarrow B \rightarrow B \rightarrow \Gamma)$, $2(A \rightarrow B \rightarrow B \rightarrow \Gamma) \dots$] и т.д.

Анализ направленности рядов различных уровней раскрывает наиболее общие закономерности процессов минералообразования: единство физико-химических законов развития минералов, пород, формаций; параллелизм онтогенеза и филогенеза. Анализ направленности в эволюционных рядах одного уровня, но различных по времени образований или различных порядков раскрывает сложный характер эволюционных процессов - сочетание в каждом процессе эволюции многих порядков, и вместе с тем позволяет выявить по тонким особенностям явления значительно более крупные.

Сошлемся здесь на примеры, ранее подробно обсуждавшиеся в статье В.Д.Никитина и автора (1967 г.). В ходе пегматитового процесса устанавливается смена парагенезисов от ранних микроклинных и альбитовых к более поздним кварц-мусковитовым комплексам вплоть до образования мономинеральных кварцевых зон. В этом же направлении - от щелочных парагенезисов к кислотным -

идет и эволюция на "уровне" минералов. Тенденция в ходе процессов образования парагенезисов и минералов в направлении возрастания кислотности характерна и для образования апогранитов и грейзеновых месторождений. В то же время при анализе направленности процесса минералообразования в микроритах, в ходе образования отдельных прожилков в кварцево-жильных грейзеновых месторождениях, при кристаллизации отдельных минералов (мусковит, берилл, колумбит-танталит, циркон и др.) пегматитов обычно выявляется противоположная направленность — возрастание щелочности (активности более сильных оснований) в ходе процесса: в ритмах прожилкообразования — от кварца к позднему микроклину; в мусковите — обогащение Al^{+3} по сравнению с Al^{+2} ; в берилле — возрастание редких щелочей и т.д.

Приведенные примеры показывают, насколько сложно определить направленность процесса, сколь необходимо учитывать при этом тенденции развития в различных масштабах эволюции, какое большое количество вариантов соотношения направленности различных масштабов возможно в ходе одного процесса.

3. Диапазон эволюции, отражающий степень отличия крайних членов эволюционного ряда ($A \rightarrow \Gamma$; $\alpha \rightarrow \beta$; $a \rightarrow d$).

Диапазон эволюции может быть крайне значительным или, напротив, крайние члены, несмотря на существенное различие в возрасте, могут мало отличаться друг от друга. Так, например, для трапповых формаций характерен относительно малый диапазон эволюции.

Если воспользоваться кислотным параметром горных пород, предложенным Ф.Ю. Левинсон-Лессингом еще в 1906 г., то, как отмечал этот исследователь, для пород трапповой формации устанавливается устойчивый кислотный параметр 1,55-1,66 (при разбросе от 1 до 2).

Напротив, в рядах вулканитов спилито-кератофировой формации — от 1 до 4,50. Значительный диапазон эволюции характерен, например, для щелочных-ультраосновных формаций и связанных с ними полезных ископаемых; предельно малый — для гранит-лейкогранитовых образований с комплексом сопровождающих их редкоземельных метасоматитов.

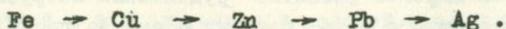
4. Контрастность эволюции, определяемая постепенным или скачкообразным изменением состава продуктов в рядах ($A \rightarrow B \rightarrow V \rightarrow \Gamma$ или $A \rightarrow \Gamma$). Например, для поднятий геосинклинальных областей характерна контрастная липарит-базальтовая формация (Москалева, Шаталов, 1971 и др.).

5. Главное звено эволюции - наиболее полно проявленное образование или группа минеральных образований в составе ряда, широта распространения отдельных членов ряда ($A \rightarrow B \rightarrow \underline{V} \rightarrow \Gamma$; V - главное звено).

6. Перерывы в эволюции - устанавливаемые по "выпадению" или редуцированному развитию отдельных членов ряда ($A \rightarrow B$; Γ, V - отсутствует) или по границам разновозрастных рядов [$1(A \rightarrow B \rightarrow V), 2(A \rightarrow B \rightarrow V)$] (примеры приводятся ниже).

При рассмотрении с этих позиций (1-6) эволюционных рядов, приводящих к возникновению различных рудных формаций, можно установить, что каждый из них имеет свои специфические особенности. В то же время для одинаковых формаций многие "параметры" эволюционных рядов оказываются близкими.

Возникновение месторождений к о л ч е д а и н о й г р у п п ы ф о р м а ц и й, например, характерно для эволюционных рядов с нормальной гомодромной направленностью как в процессе вулканизма в целом, так и в ходе отдельных ритмов (толщах, свитах ...); с широким диапазоном эволюции от базальтов, спилитов до кварцевых кератофилов, альбитофилов; с многократной контрастной ритмичностью (на Урале до 8 ритмов) и перерывами в ходе процесса при общей большой мощности вулканитов в разрезе. Устанавливается растянутость процесса во времени до десятков миллионов лет. Намечается определенная корреляция диапазонов эволюции составом "главного звена" и рудоносностью. По мере возрастания удельного веса все более кислых разностей происходит изменение в составе парагенезисов руд в направлении:



При возникновении месторождений э п и т е р м а л ь н о й з о л о т о - с е р е б р я н о й ф о р м а ц и и, проявляющейся в пределах зон орогенного вулканизма, выявляются иные па-

параметры эволюционных рядов. Для них типична неодинаковая направленность в различных масштабах эволюции. Обычны следующие соотношения: антидромная направленность процесса в крупном плане (в ходе этапа тектоно-магматического цикла) и гомодромная в отдельных ритмах вулканизма. Диапазон эволюции в рядах магматических образований может быть незначительным (базальты-андезиты, андезиты-дациты), развитие кратковременное, характерно выпадение отдельных членов. Интервалы времени, для которых устанавливаются "перерывы" в рядах, наиболее перспективны для развития оруденения.

Месторождения медно-порфировой формации и плутоногенного ряда выявляют приуроченность к структурам нормального гомодромного развития магматизма как в крупном, так и мелком масштабе. Характерен большой диапазон эволюции при главном звене, соответствующем гранодиоритам и кварцевым монцонитам. Типично устойчивое стремление к повышению щелочности, начиная с минеральных образований средних по составу продуктов (переход к граносиенитам). Намечается отчетливая корреляция между диапазоном эволюции и главным звеном ряда, с одной стороны, и составом руд - с другой: чем больше ранних основных по составу членов, тем более медистый состав имеют руды. Как и для предыдущих рудных формаций, важным фактором прогнозирования медно-порфировой минерализации является, например, установление возрастных "перерывов" в ходе процесса возникновения вулканогенных образований, совпадающего по времени с развитием интрузий и оруденения. В районе Бошекульского месторождения, например, обращает внимание редуцированность развития бошекульской свиты порфиритов, наиболее близкой по времени образования к периоду развития интрузий и оруденения. В районе медно-молибденовых месторождений Мегринского плутона Армении выпадают из разреза вулканы олигоцена и в этот период (эоцен-нижний миоцен) начинается широкое развитие рудоносных интрузий габбро-гранодиорит-гранитного ряда (в то же время за пределами рудного района вулканы олигоцена широко развиты).

Месторождения сульфидно-касситеритовой формации - характерные продукты антидромных в крупном плане и гомодромных в деталях процессов. Развитие этих месторождений происходит обычно в полво проявленных эволю-

ционных рядах (длинных), протекает в относительно короткие интервалы времени и т.д.

Типичные вольфрамово-молибденовые месторождения "Грейзеновой формации" возникают в редуцированно проявленных - "коротких" рядах с очень малым диапазоном эволюции (гранит → лейкогранит), при гомодромной направленности процесса в общем ходе развития и отдельных звеньях.

Можно привести большое число подобных примеров, хотя в целом анализ всех отмеченных выше "параметров" эволюционных рядов и связь с ними определенных рудных формаций - проблема, далекая еще от разрешения.

Предварительное обобщение имеющихся данных позволяет наметить ряд общих особенностей процессов развития минеральных образований во времени.

I. Направленность процессов. При изучении последовательности развития минеральных образований во времени и выявлении эволюционных рядов обычно обращает внимание преобладание однонаправленных ритмичных процессов в геологической истории над циклическими^х.

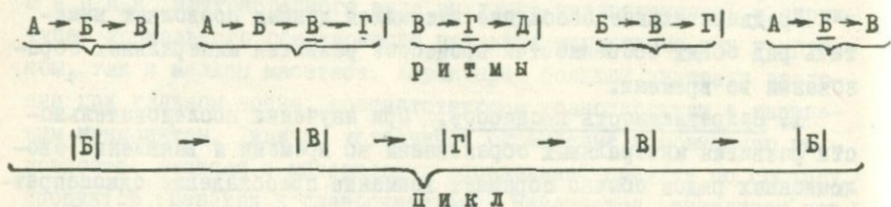
По работам Н.Б.Вассоевича, Л.Б.Рухина, Н.М.Страхова, например, можно установить, что полные циклы седиментогенеза малохарактерны; так, флиш - это, как правило, сочетание однонаправленных трансгрессивных ритмов (конгломерат → гравелит → песчаник → сланец). Точно так же в эвгеосинклинальных областях обычно выявляется ритмичность многих масштабов с повторением гомодромных рядов (базальт → андезит → дацит); в крустификационных рудных жилах - многократное чередование ритмов, например, кварц → флюорит → кальцит и т.д. Представления о характерности циклических процессов в геологической истории отражают результирующее суммарное изменение минеральных образований.

^х) В соответствии с этимологической основой слов "цикл" (греч.) - колесо и "ритм" (греч.) - такт, к циклическим процессам автор относит симметричные поступательно-возвратные процессы со сменой минеральных образований типа $A \rightarrow B \rightarrow B \rightarrow B \rightarrow A$, а к ритмичным - асимметричные однонаправленные процессы типа $A \rightarrow B \rightarrow B \mid - \mid A \rightarrow B \rightarrow B \rightarrow \Gamma \mid -$

$\mid B \rightarrow B \rightarrow \Gamma \mid$ и т.д.

ральных образований, проявляющихся в ходе большого числа ритмов. Это можно показать на примере анализа "циклов" осадконакопления, проявляющих в частях процесса главным образом однонаправленную ритмичность, и на примере "тектоно-магматического цикла", а также "постмагматического цикла", в ходе которого неоднократно при каждом акте трещинообразования, как ранее было описано, наблюдаются однонаправленные ритмы щелочно-кислотной дифференциации.

В буквенном выражении типичное соотношение ритмов и цикла может быть изображено следующим образом (главное звено эволюции подчеркнуто):



Следует указать, что, как видно из схемы, направленность в первой половине цикла общая в ритмах и цикле, во второй — противоположная. Соответственно можно говорить о "прямых" и "обратных" ритмах. Интересно, что в общем случае в ходе тектоно-магматического цикла ритмичность при формировании магматических пород сначала — прямая (гомодромная в ритмах и цикле), затем обратная (гомодромная в ритмах, антидромная в цикле), а ритмичность при образовании постмагматических парагенезисов пород и руд, напротив, первоначально обратная (регрессивная в ритмах и прогрессивная в цикле), а затем прямая (регрессивная и в ритмах, и в цикле).

Выявление таких отличий в ходе процесса формирования месторождений: при анализе продуктов отдельных стадий, этапов минерализации, фаз становления плутонов и т.д., может дать интересные данные для разделения сходных формационных типов месторождений, неоднократно возникающих в ходе тектоно-магматического цикла — золоторудных, полиметаллических, медно-порфировых и т.д.

2. Диапазон эволюции. В целом можно отметить, что чем больше диапазон эволюции, тем разнообразнее "спектр" возникающих формаций, тем большее значение в составе руд имеют широко распрост-

раненные в природе химические элементы (с высокими кларками). Так, ряд с эволюцией в диапазоне от основных до кислых пород (базальт → дацит → липарит или габбро → плагио-гранит → гранит) сопровождается, как известно, комплексом руд: Fe, Ca, Mg, Cu, Zn, Pb, Mo, Au ...); для ряда с эволюцией нормальный гранит-лейкогранит характерен комплекс менее распространенных элементов - Sn, W, Be и т.д.

С "длинными" эволюционными рядами магматических пород ассоциируют месторождения, составляющие "длинные" эволюционные ряды, с совмещением многих этапов и стадий минерализации (и, как следствие этого, с отчетливой зональностью). С "короткими" эволюционными рядами - месторождения более однородные, с менее четко выраженной дифференциацией продуктов в ходе процесса. Например, вольфрам-оловянные грейзеновые месторождения с отчетливой стадийностью процесса формируются в связи с "длинными" эволюционными рядами магматизма, а вольфрам-молибденовые, с менее отчетливой стадийностью, - с более короткими. Месторождения алмазов, хромитов ("позднемагматические") возникают в связи с короткими эволюционными рядами магматизма и встречаются обособленно, не обнаруживая отчетливой связи с другими типами оруденения. Напротив, в связи с "длинными" эволюционными рядами пород (ультраосновные - основные - кислые) типа бушвельдского комплекса формируются разнообразные месторождения - хромита ("раннемагматического"), платины, титаномагнетита.

3. Главное звено эволюции. На большом количестве примеров выявляется одна общая особенность - главное звено всегда представлено в эволюционных рядах несколькими последовательно возникающими, но близкими по составу минеральными образованиями.

В едином эволюционном ряду оловянно-полиметаллических формаций, например, можно установить, что в месторождениях ранней турмадиново-касситеритовой формации обычно полно проявлено несколько одновременных минеральных парагенезисов ранних стадий процесса грейзенизации, а основная сульфидная минерализация возникает в одну стадию. В следующей по времени образования сульфидно-касситеритовой формации и особенно четко в еще более поздней полиметаллической, свинцово-цинковой - минерализация представлена несколькими самостоятельными парагенезисами (на-

пример, в ранних преобладают блеклые руды, в более поздних — сфалерит, затем галенит, буланжерит и т.д.), возникающими на разных стадиях процесса. В отдельных случаях образуются разно-временные парагенезисы сначала с мартитом, затем с клеофаном и т.д. В сурьмяных месторождениях выявляется до 3—4 разно-временных парагенезисов сурьмяных минералов.

Таким образом, восстановив эволюционный ряд, можно по растянутым звеньям эволюции, с одной стороны, правильно определить формационный тип месторождения, с другой, принимая во внимание повторяемость в направленности процесса формирования, высказать предположение о возможности обнаружения еще не известных в районе рудных формаций.

4. Перемены в развитии. В общем случае подавляющее число месторождений как экзогенных, так и эндогенных оказывается приуроченным к интервалам времени, в течение которых процессы осадконакопления, вулканизма, магматизма в данной зоне или районе либо вообще не проявлялись, либо развивались в крайне замедленном темпе (малые мощности, незначительные проявления). В результате наиболее перспективны те структуры, в разрезе которых выявляются многократная ритмичность, стратиграфические перемены по выпадению толщ или резко редуцированному их развитию. В районах развития магматических пород столь же благоприятны перемены в ритмах, устанавливаемые по появлению даек, регионально распространенных метасоматитов и т.д.

Это положение, по существу, общеизвестное для многих осадочных месторождений (фосфоритов, бокситов, марганцевых и железных руд, минерализации свинца и цинка)^{х)} по работам А.Д. Архангельского, Д.Г. Саложникова, Н.М. Страхова и др., практически не менее отчетливо выявляется и при временном анализе формирования эндогенных месторождений. Выше уже упоминались золото-серебряные, медно-молибденовые, колчеданные месторождения, обнаруживающие приуроченность к местам, где в разрезе выпадают синхронные развитию оруденений вулканы, присутствующие в периферических зонах. Отмеченное положение требует значительно большего внимания к изучению стратиграфии рудных районов с

х) Исключение составляют месторождения солей, горючих сланцев, углей, для которых характерна и благоприятная полнота разреза при отсутствии переменов.

целью выявления наиболее благоприятных временных интервалов для развития не только экзогенного, но и эндогенного оруденения и выявления мест наиболее вероятной их локализации.

Ш. ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Самостоятельного рассмотрения заслуживают закономерности локализации разновременных минеральных образований в пространстве, отражающие динамику процессов. Из большого числа вопросов, относящихся к этой проблеме, остановимся лишь на одном, имеющем наиболее важное практическое значение: в ходе процессов образования минералов, пород, руд, формаций обычно одновременно проявляются две противоположные тенденции развития — центро — стремительная и центробежная.

Центростремительная проявляется в закономерном смещении в пространстве разновременных минеральных образований по правилу: от ранних продуктов к более поздним, от широких внешних зон к более локальным внутренним. Эта тенденция развития обычно преобладает на ранних высокотемпературных стадиях процесса и на более глубоких горизонтах.

Центробежная подчиняется противоположному правилу: от ранних продуктов к более поздним, от внутренних центральных зон к внешним периферическим. Эта тенденция развития, значение которой впервые подчеркнул А.В.Королев, по-видимому, более характерна для минеральных образований поздних стадий процесса и при проявлении минералообразования на верхних горизонтах. Так, центростремительный тип развития является определяющим при формировании зональности пегматитовых, алогранитовых, грейзеновых месторождений; центробежный — сульфидно-касситеритовых, медно-молибденовых и др.

Сочетание центробежного и центростремительного принципов развития разновременных магматических пород, метасоматитов и оруденения определяет основные особенности зонального строения месторождений, рудных полей и в более крупном плане — металлогенических зон.

Как частное проявление этого общего принципа можно рассматривать явление "фокусирования". Разновременные минеральные образования, предшествующие оруденению (например, дайки, дорудные ме-

тасоматические породы), локализуясь во все более ограниченных ореолах, как бы фокусируются во времени, указывая на участки наиболее вероятной концентрации оруденения. Например, ореолы дорудных разновозрастных даек и метасоматических пород в районах месторождений, как правило, все более сужаются по мере перехода от ранних к более поздним. Рудные концентрации устанавливаются обычно в участках максимальной концентрации даек и метасоматических пород, непосредственно предшествующих оруденению, или вблизи этих участков. Это положение можно проиллюстрировать на примере различных месторождений: золоторудных (Неждановское на Северо-Востоке СССР), редкометальных (Нура-Талдинское в Казахстане), медно-молибденовых (Дастакертское в Армении) и многих других.

Как следствие отмеченной динамики развития одновременных минеральных образований (формаций, пород, руд), а также подчеркнутого выше положения о полноте проявления в рядах эволюции главного звена, вытекают некоторые практические рекомендации по оценке оруденения на глубину, определению вероятного эрозионного среза и др., имеющие прямое отношение к вопросам крупномасштабного картирования и заслуживающие в этой связи самостоятельного рассмотрения.

В заключение подчеркнем главный вывод. Благодаря успехам металлогении, геохронологии, генетической минералогии, петрологии и литологии открываются новые большие возможности для анализа природных процессов во времени и широкого использования его при разработке теории научного прогнозирования месторождений полезных ископаемых, а также применения на практике при геологосъемочных и поисковых работах. В настоящее время необходимо расширить фронт научных исследований в области эволюции процессов рудообразования и проводить анализ закономерностей с учетом как абсолютного, так и относительного времени образования, последовательности формирования (эволюционных и возрастных рядов) и динамики развития минеральных образований.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ОБЛАСТЯХ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ

На пленарном заседании, посвященном прогнозированию месторождений в областях тектоно-магматической активизации, были заслушаны и обсуждены доклады В.М.Терентьева (ВСЕГЕИ) об активизированных пограничных структурах древних платформ; П.В.Григорьевой - содокладчики И.С.Ожинский, К.В.Ковалева, Е.В.Лемазов, В.М.Ефременко (ВСЕГЕИ) - о глубинном строении территории Карелии; Б.А.Судова - содокладчик В.А.Пуура (УГ СМ ЭССР) - о прогнозной оценке территории Эстонской ССР; А.К.Карпова - содокладчики Ш.Е.Есенов, В.Г.Ли, Г.Ф.Ляпичев, Л.А.Мирошниченко (ИГН АН КазССР) - о структурно-металлогенических зонах тургайского типа; Г.Н.Шапошникова (ВСЕГЕИ) о критериях прогнозирования месторождений в Алтае-Саянской складчатой области, сообщение Л.С.Галецкого (трест "Киевгеология") по прогнозной оценке Украинского кристаллического щита, а также опубликованные тезисы Т.В.Билибиной, Б.А.Ермолаева, Ю.П.Тафеева, В.М.Терентьева, В.К.Титова, Г.Б.Кочкина (ВСЕГЕИ, ВИРГ), А.И.Варавки (трест "Днепрогеология"), И.И.Бока и М.А.Абдулкабировой (ИГН АН КазССР), М.З.Глуховского, В.С.Когена (ВАГТ), Б.А.Ермолаева (ВСЕГЕИ), Г.В.Афанасьева (ВСЕГЕИ) и Ю.М.Шувалова (ВСЕГЕИ).

В докладах и тезисах были приведены интересные геологические материалы, отражающие некоторые особенности развития процессов тектоно-магматической активизации в различных тектонических структурах территории СССР.

Так, В.М.Терентьев подчеркивает, что к специфическим структурным элементам земной коры относятся пограничные зоны древних платформ и щитов, имеющие наиболее важное металлогеническое значение. Специфичность металлогении обусловлена пространственным совмещением в пределах этих зон разнородных геоблоков различного структурно-вещественного содержания, развитием сводово-глыбовых структур, интенсивной разрывной тектоники, разнообразных и разновозрастных продуктов магматической и метасоматической деятельности и богатой эндогенной минерализации (золото, полиметаллы, медь, редкие металлы, флюорит), формирующейся в этапы тектоно-магматической активизации. Совмещение в единых структурах пограничных зон разновоз-

растного оруденения, перераспределение и мобилизация рудного вещества способствуют формированию крупных концентраций различных металлов. При металлогеническом изучении пограничных зон древних платформ необходимо проводить их формационный и блоковый анализ и типизацию составляющих их структур с целью выявления геологических обстановок, перспективных на определенный комплекс полезных ископаемых.

В докладе Л.В.Григорьевой и содокладчиков указывается, что при металлогенических исследованиях восточной части Балтийского щита необходимо прежде всего выделять блоки с различным строением земной коры и главное внимание уделять зонам их сочленения, где локализируются железорудные, полиметаллические, редкометалльные и редкоземельные рудопроявления и месторождения. Авторы приходят к выводу о наибольшей перспективности на ряд элементов краевых частей крупных тектонических блоков.

В докладе Б.А.Судова и В.А.Пуура, посвященного прогнозной оценке территории Эстонской ССР, подчеркивается важность изучения глубинного строения кристаллического фундамента и его структурного районирования. Структурные зоны фундамента указанного района сложены различными метаморфическими формациями и разделены межблоковыми зонами разломов, а также внутриблоковыми разломами. Рудная минерализация контролируется зонами дробления кристаллического фундамента и осадочного чехла, тектоническими нарушениями, окаймляющими приподнятые блоки фундамента, а также определенными метаморфическими, магматическими и осадочными формациями пород фундамента и чехла.

Г.Н.Шапошников, рассматривая некоторые критерии регионального прогнозирования месторождений в зонах активизации на примере Алтае-Саянской области, приходит к выводу, что месторождения киновари в регионе локализируются в зонах длительно развивавшихся глубинных разломов, являвшихся в нижнем и среднем палеозое границами блоков с разной историей геологического развития. Проявление базальтоидного и щелочно-базальтоидного магматизма, в основном в дайковой фации, близкого по времени формирования ртутному оруденению и в ряде случаев доказанного мезозойского возраста, является важной особенностью зон мезозойской активизации Алтае-Саянской области и наряду с образо-

ваннем систем оперяющих разрывных нарушений, формированием приразломных прогибов позволяет выделять активизированные в мезозое участки глубинных разломов, перспективные на ряд полезных ископаемых, связанных с эпохой мезозойской активизации (ртуть, флюорит, золото, полиметаллы и др.).

В тезисах Т.В.Билибиной и др., А.И.Варавки, И.И.Бока и М.А.Абдулкабировой, М.З.Глуховского и В.С.Когена, Ю.М.Шувалова подчеркивается, что в размещении месторождений в областях тектонической активизации ведущую роль играют молодые разломы, нередко наследующие глубинные разрывные нарушения древнего заложения. Для металлогении цитов характерна определенная унаследованность и длительная история процессов рудообразования. Для магматизма этапов активизации характерен широкий диапазон состава магматических пород, представленный основными, умеренно кислыми, кислыми, субщелочными и щелочными разновидностями. Соответственно и металлогения областей активизации характеризуется значительным разнообразием типов эндогенных месторождений. Ю.М.Шувалов отмечает, что перспективность участков на эндогенное оруденение в значительной степени зависит от геохимической характеристики пород фундамента. Однако остались нераскрытыми многие важные вопросы: время проявления активизации, характер магматических, метасоматических и рудных новообразований, черты сходства и отличия металлогении фундамента и наложенной металлогении периода тектономагматической активизации, совпадение и несовпадение структурных планов фундамента и новообразований, взаимосвязь тектономагматической активизации и планетарных процессов и т.д. Очевидно, что такие общие вопросы можно рассмотреть лишь на более широком материале путем сопоставления нескольких активизированных регионов. Однако и в отношении отдельных областей тектономагматической активизации, которые рассматривались в частных докладах, возникли дополнительные вопросы, требующие дальнейшего уточнения.

Основываясь на заслушанных докладах, в качестве примеров формулируем следующие вопросы. Имеются ли основания стратифицированные протерозойские и раннепалеозойские колчеданно-полиметаллические месторождения южного обрамления Сибирской

платформы рассматривать с позиций тектоно-магматической активизации? (В.М.Терентьев). Почему Ладожский и Онежский блоки Карелии, характеризующиеся неглубоким залеганием базальтового слоя, обладают также редкометальной металлогенией, свойственной территориям с мощным "гранитным" слоем? (Л.В.Григорьева, И.С.Ожинский, К.В.Ковалева, Е.В.Леманов, В.И.Ефременко). Чем обусловлены резкие различия в геологическом строении восточной и западной частей Украинского щита? (А.И.Варавка, Л.С.Галецкий).

Обсуждение докладов показало, что интересная и важная проблема тектоно-магматической активизации нуждается в дополнительных исследованиях. Последние целесообразно сосредоточить на изучении следующих вопросов: 1) время развития процессов активизации в связи с событиями в соседних синхронно развивающихся геосинклинально-складчатых областях и с планетарными тектоническими процессами; 2) роль глубинных разломов в процессах активизации, их типизация, динамика развития и тепловые потоки; 3) особенности магматизма и оруденения активизированных областей (магматические и рудные формации, типы месторождений, состав и строение руд); 4) изучение металлогении субстрата и наложенной активизационной металлогении с целью выяснения вопросов регенерации или переотложения рудного вещества; 5) сравнительный анализ металлогении поздних и конечных этапов развития геосинклинально-складчатых областей и металлогении областей тектоно-магматической активизации; 6) анализ соотношения унаследованности и наложенности древних и активизированных тектонических форм - кольцевых, куполовидных, линейных и площадных, т.е. выявление возникшего при активизации плана тектонических деформаций.

НОВОЕ В ГЕОХИМИЧЕСКИХ, ГЕОФИЗИЧЕСКИХ И ДРУГИХ МЕТОДАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Заслушанные на заседании доклады содержали анализ возможностей дальнейшего развития геохимических, геофизических и гидро-геохимических методов применительно к решению прогнозно-металлогенических задач.

В докладе Е.М.Квятковского (ЛГИ) о литологических критериях прогнозной оценки рудоносных площадей рассматривались главным образом вопросы глобальной и региональной оценки прогнозных запасов месторождений рудных полезных ископаемых, исходя из среднего содержания элементов в блоках земной коры и соотношения рудных и рассеянных форм нахождения металлов в литосфере. Наряду с оценкой общих прогнозных запасов докладчик попытался проанализировать среднюю плотность месторождений и возможность появления крупных и уникальных объектов. К сожалению, содержащиеся в тезисах более локальные геохимические критерии возникновения рудных месторождений не получили в докладе и при обсуждении должного освещения. Остались неясными также геологические факторы реализации рассеянных количеств металлов в земной коре в виде рудных концентраций. Вместе с тем проведенный анализ показал большие перспективы использования региональных оценок потенциальной рудоносности, исходя из глобальных величин кларков литосферы и средних содержаний металлов в магматических и осадочных породах.

В докладе Г.Т.Скублова (ВСЕГЕИ) о геохимическом картировании в пределах складчатых областей для целей крупномасштабного металлогенического прогнозирования обсуждались вопросы геохимической зональности кольцевой вулкано-плутонической структуры Центрального Казахстана и связанные с ней перспективы рудоносности этого района.

Вопросы геохимической зональности распределения металлов на месторождениях, в рудных полях и районах анализировались в докладе С.В.Григоряна и др.(ИМГРЭ), а также в тезисах А.К.Авгирова (ИМР МГ СССР), Г.М.Мейтува, В.В.Иванова, Г.Б.Мотуза (ИМГРЭ). В последних тезисах интересны попытки увязать закономерности пространственного распределения месторождений, ру-

допроявлений и геохимических аномалий с характером тектонического режима Восточного Забайкалья.

В тезисах А.М.Ивановой и Ю.С.Куликова рассматривается ландшафтно-геохимический метод поисков редкометального оруденения; Г.В.Ицксон и М.Ф.Кутыревой — тектоно-геохимические типы метаморфогенного фундамента. На основании изучения кристаллохимических особенностей минералов проводится анализ роли подготовительных процессов и фундамента в последующей мобилизации металлов в периоды тектоно-магматической активизации.

Многие вопросы использования геохимических данных (геохимическая специализация интрузий, геохимических эпох и провинций) при прогнозировании не получили должного освещения в докладах и тезисах. Несмотря на это, изложенные материалы позволяют судить о больших возможностях геохимических методов в оценке потенциальной рудоносности регионов, изучении вопросов рудообразования и выяснении источников рудного вещества.

Одним из наиболее важных направлений дальнейшего использования геохимических данных является изучение пространственно-временных закономерностей распределения рудных элементов в различных структурных зонах земной коры и установление связи геохимического фона геологических формаций с их рудоносностью.

Проблема геохимического районирования складчатых и платформенных областей на основе моноэлементных и полиэлементных карт предусматривает изучение латеральной и вертикальной зональности содержания металлов в земной коре, степени неоднородности (дифференцированности) их распределения в геологических формациях, корреляционных зависимостей, а также поведения (эволюции) металлов в ходе развития различных геологических процессов. Анализ имеющихся материалов позволяет высказать мнение о решающей роли степени геохимической дифференцированности геологических структур и формаций в их потенциальной рудоносности.

В масштабах геохимического цикла степень неоднородности распределения микроэлементов в земной коре обусловлена совокупностью взаимосвязанных сингенетических (осадконакоп-

ление, магматизм) и эпигенетических (метаморфизм, инфильтрация подземных вод) процессов, приводящих к рассеиванию и концентрации металлов. Выделение геохимических зон и провинций, их типизация и оценка металлогенической специализации позволит привлечь наиболее прямые признаки при прогнозировании — данные о содержании, неоднородности распределения и связях элементов и соединить основы металлогенического учения Ю.А.Билибина и С.С. Смирнова, с одной стороны, и идеи основоположников геохимии В.И.Вернадского и А.Е.Ферсмана — с другой.

Для успешных региональных геохимических обобщений необходима дальнейшая разработка принципов районирования, количественных критериев зональности распределения элементов и оценка достоверности определения металлов в многочисленных лабораториях Советского Союза!

Значительная часть тезисов и два доклада были посвящены использованию методов разведочной геофизики и физических свойств горных пород при изучении глубинного строения рудных полей и региональном прогнозировании месторождений полезных ископаемых.

В докладе В.Л.Воробьева и А.В.Ефимова (ВИРГ) рассматриваются перспективы применения аэрогамма-спектрометрии при поисках и прогнозировании месторождений редких металлов, редкоземельных и других элементов, содержащих в качестве примеси радиоактивные элементы (уран и торий). Из доклада следует, что по характеру спектра гамма-поля и картам распределения урана (радия), тория и калия возможно выделение локальных участков окколорудно измененных пород, перспективных на выявление месторождений тантала, ниобия, золота, олова и других элементов.

И.В.Головин, Э.И.Супруненко, Н.Н.Колесник (ВИРГ, ВСЕГЕИ) доложили об опыте количественного прогнозирования на территории Балтийского щита на основе изучения особенностей магнитных, гравитационных и других аномалий и статистически устойчивых связей пространственного распределения месторождений сидерофильных и других элементов с характерными особенностями физических полей. На основе корреляционных зависимостей составлены прогнозные карты с оценкой степени перспективности отдельных участков.

В ряде тезисов рассмотрены различные аспекты использования геофизических методов при изучении глубинного строения рудных полей, которые позволяют оценить прогнозные запасы месторождений на глубину. Обсуждение показало, что дальнейшие перспективы применения геофизических методов при разработке научных основ прогнозирования месторождений во многом зависят от уровня наших знаний о глубинном строении земной коры и процессах преобразования минерального вещества, которые происходят в земной коре и подкоровых зонах. Повышение эффективности региональных геофизических исследований возможно на основе комплексного использования геологических, геофизических и геохимических данных при составлении карт глубинного строения, тектонического районирования и анализа вещественного состава и морфологии глубинных зон земной коры, особенности развития которых определяют процессы эндогенного рудообразования и металлогеническую специализацию верхних горизонтов литосферы.

Кроме геофизических и геохимических методов, в докладах и тезисах освещались также перспективы применения палеогидрогеологических (Б.А.Басков, ВСЕГЕИ), гидрогеохимических (Г.М.Шор, ВСЕГЕИ, Е.Б.Белякова, ВСЕГЕИ), гидротермально-метасоматических (Ю.В.Казицын, Е.Н.Судовикова, ВСЕГЕИ; Е.В.Плющев, ВСЕГЕИ), структурно-геоморфологических и палеогеоморфологических (И.К. Волчинская, ИГЕМ АН СССР; Г.А.Беленицкая, ЛГИ; Е.В.Рухина, ЛГУ) и других (В.Е.Кудрявцев, ВСЕГЕИ) критериев оценки перспективности районов.

В докладе Б.А.Баскова даны палеогидрогеологические реконструкции как основа изучения сложных процессов миграции рудных элементов в подземных и поверхностных водах и эпигенетического рудообразования. Автор обосновывает интересный тезис о существенном влиянии вадозных вод на формирование не только экзогенных, но и гидротермальных месторождений.

Близкие взгляды (с несколько иных позиций) о влиянии вадозных вод и корообразования на формирование жильных месторождений высказаны в тезисах В.Е.Кудрявцева:

Обращает на себя внимание роль региональной (площадной) гидротермально-метасоматической зональности в формировании рудных месторождений (тезисы Е.В.Плющева). Использование этой

зональности, определяемой на основе изучения устойчивых ассоциаций эпимагматических минералов, открывает принципиально новые пути в познании условий локализации и образования руд.

В целом тезисы и доклады, хотя и не осветили все возможные перспективы новейших методов в разработке критериев прогнозирования, показали большие возможности геофизических, геохимических, гидрохимических, геоморфологических и других критериев в дальнейшем развитии металлогенического анализа и выявлении прямых и косвенных признаков рудоносности.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПЛОЩАДЕЙ

Рассмотрению вопросов математических методов прогнозирования было посвящено пленарное заседание, а также заседание рабочей группы (председатель Л.Н.Дуденко). В работе приняли участие 118 человек от 42 научно-исследовательских и производственных геологических организаций. На обсуждение поступили тезисы от 17 организаций: ИГЕМ АН СССР, ИГГ СО АН СССР, Ин-та геохимии СО АН СССР, ИГФМ АН УССР, ИГН АН КазССР, ВСЕГЕИ, ВИРГ, ДФ ВИМС, КазИМС, САИГИМС, Фрунзенского политехнического ин-та, Красноярского ТГУ, СВТГУ, Читинского ТГУ, Дзезказганской ГФЭ, Илийской ГФЭ, Киргизской ГФЭ. Это свидетельствует о том, что математические методы получили заслуженное признание при металлогенических исследованиях и использование их приобретает массовый характер.

Цель работы группы — обмен накопленным опытом и выявление наиболее перспективных направлений применения математических методов при анализе металлогенических объектов, оценке перспективности территорий, подсчете запасов и оптимальном планировании поисков.

Основные направления развития математических методов прогнозирования определяются общими задачами прогнозирования и путями их решения.

Наиболее естественным путем решения проблемы прогнозирования, как и любого естественнонаучного направления, является

сочетание дедуктивных (построение теоретических моделей рудообразования) и индуктивных методов исследования (установление эмпирических закономерностей пространственно-временной локализации оруденения). Поскольку дедуктивный подход находится еще в начальной стадии развития, не представляется возможным использовать его выводы на практике в ближайшие годы. Если основываться на эмпирическом подходе, основными задачами прогнозирования являются: 1) оценка перспективности территорий, выделение в их пределах перспективных участков; 2) прогнозирование количества месторождений и их суммарных запасов, которые могут быть выявлены в данном регионе; 3) оптимальное планирование поисковых работ.

Задача оценки перспективности является определяющей; выделяются два главных этапа ее решения: а) выявление различных факторов, контролирующих локализацию оруденения; б) собственно оценка перспективности по совокупности различных факторов.

Выявление факторов контроля оруденения

Решение этой задачи с точки зрения прогнозирования является целью всех теоретических металлогенических, как и вообще геологических исследований. Способ решения — изучение пространственно-временных закономерностей размещения минерализации. Соответственно, математические методы, которые используются для выявления рудоконтролирующих факторов, — это методы получения количественных эмпирических закономерностей рудной локализации. Рудолокализирующие факторы по основным составляющим любого природного объекта разделяются на вещественные и структурные. И те, и другие можно в свою очередь классифицировать по уровням организации (например, для вещественных факторов — геохимические, минералогические, формационные). Изучение динамики всех факторов на различных уровнях организации приводит к необходимости учета также фактора времени.

Исследование указанных факторов, в том числе и математическое, является необходимым условием построения теории прогнозирования, и неслучайно, что именно эти проблемы обсуждались на основных пленарных заседаниях.

Математические методы могут и должны применяться при анализе всех факторов, однако вследствие весьма малого опыта математизации геологии пока можно говорить лишь о результатах решения отдельных частных задач.

Наибольшие успехи в применении математических методов получены при изучении фактора распределения химических элементов, т.е. геохимического, что в первую очередь связано с быстрым развитием в последние годы аналитической базы исследований. В настоящее время существует много методов математического анализа отдельных компонентов геохимических систем (обобщенные числовые характеристики, кривые изменчивости концентраций элементов в пространстве и времени, поля изменчивости, тренды концентраций, статистические параметры, тип распределения и др.). По-видимому, эти методы прочно вошли в практику геохимических исследований.

Указанных методов, однако, явно недостаточно для изучения сложных геологических систем, характеризующихся наличием разнообразных взаимосвязей между отдельными компонентами. Главной задачей является разработка методов учета и анализа этих взаимосвязей. Определенные успехи достигнуты и в этом направлении. Интенсивно развиваются в настоящее время методы многомерного анализа (корреляционный, дисперсионный, регрессионный, факторный), позволяющие исследовать по крайней мере наиболее простые связи в многокомпонентных системах — линейные зависимости. Применение этих методов при анализе геохимического фактора в ряде случаев позволило получить важные практические результаты при решении таких сложных проблем, как металлогеническая специализация магматических комплексов, установление закономерностей и зональности рудных месторождений и др. (И.Н.Голынюк, ВСЕГЕИ).

В настоящее время появился ряд математических моделей геологических процессов на геохимическом уровне, например модель метасоматической зональности Д.С.Коржинского. Некоторые результаты в этом плане получены во ВСЕГЕИ. Весьма интересны, хотя, по-видимому, дискуссионны, идеи, изложенные в тезисах Н.С.Кравченко и А.Ф.Болотникова (ДФ ВИМС), о количественном прогнозировании рудоносности интрузивов на основе математиче-

ской модели выноса редких элементов в процессе кристаллизации.

Значительно меньше сделано в отношении математического анализа минералогического фактора. В большой мере это объясняется дефицитом методов количественного измерения минерального состава и структур пород. Однако ряд исследований, проведенных, в частности, во ВСЕГЕИ с применением уже описанных методов многомерного анализа, позволяет и в этом случае надеяться на получение интересных результатов.

Пока практически отсутствуют количественные методы анализа закономерностей изменчивости формационного фактора, если не учитывать методов, рекомендуемых рядом исследователей для выделения и классификации формаций (Р.М.Константинов, ИГЕМ АН СССР). Такое положение дел определяется неясностью пока самого вопроса о принципах выделения и систематики формаций.

Трудно пока говорить о конкретных математических методах анализа структурного фактора. Однако содержание многих докладов и даже само название соответствующего пленарного заседания на нашей конференции - "Структурно-геометрические основы прогнозирования" - позволяют надеяться, что в ближайшее время такие методы появятся. Высказанные в этих докладах идеи о характере распространения волн напряжений в земной коре, о симметрии и анизотропии геологических объектов уже достаточно строго сформулированы и предопределяют возможность использования таких областей современной математики, как многомерная и проективная геометрия, теория групп, теория конформных отображений и др.

Весьма важные проблемы возникают при попытках математического анализа рассмотренных факторов в динамике. В математических моделях включение физического времени как дополнительного параметра не создает принципиальных трудностей. Однако при построении таких моделей для геологических объектов встанут вопросы соотношения геологического и физического времени, возникают многочисленные трудности при получении исходного эмпирического материала. Все же есть основания полагать, что наиболее простые количественные закономерности временных изменений на геохимическом уровне будут получены в ближайшее время.

Выше рассматривались методы анализа каждого фактора в отдельности, в будущем несомненно появятся модели, описывающие взаимодействие всех факторов. Только такие модели могут составить основу теории прогнозирования.

Собственно оценка перспективности по совокупности признаков

В настоящее время исследования по выявлению и анализу факторов рудной локализации еще далеки от завершения. Однако потребности народного хозяйства в минеральном сырье требуют от геологов уже сейчас обоснованных прогнозов на большие территории. В создавшихся условиях такой прогноз может базироваться только на обобщении огромного количества фактического материала (исходные признаки) и использовании метода аналогий. Обоснованный прогноз при этом становится невозможным без применения ЭВМ. Это обстоятельство обусловило в последнее время быстрое развитие методов распознавания образов, реализующих на количественной основе (путем машинной обработки данных) классический метод геолого-прогнозных построений — метод аналогий. Сейчас такие исследования проводятся многими научными коллективами и уже получены определенные положительные результаты. Не случайно, что наибольшее число тезисов посвящено решению этих вопросов (Н.Н.Боровко, ВИРТ; А.Н.Бугаец, КазИМС; Л.Н.Дуденко, ВСЕГЕИ; А.П.Куклин, СВТГУ; В.А.Нагорный и др., ИГФМ АН СССР). В настоящее время ввиду отсутствия достаточно развитой теории такой подход следует признать наиболее перспективным. Требуют дальнейшего изучения следующие проблемы:

а) определение исходного набора признаков для каждой конкретной формации. Заслуживает особого внимания изучение редких аномальных для исследуемой территории признаков, учет сложности геологического строения участков, поскольку участки с наиболее сложным геологическим строением часто оказываются наиболее перспективными, в особенности на крупные месторождения. Необходимо с большой осторожностью подходить к вопросу оценки значимости каждого признака с учетом возмож-

ных ошибок, связанных с субъективностью предшествующего опыта изучения данного типа рудной флорации;

в) выбор размеров сопоставляемых участков (элементарных объектов прогноза) в зависимости от масштабов прогнозных построений и типа рудных флораций;

в) тщательный учет региональной позиции, флорационной принадлежности, промышленной ценности месторождений, используемых в качестве эталонов;

г) совершенствование математических аппаратов в методах распознавания образов, их сравнительная оценка, уточнение эффективности и областей применимости;

д) расширение исследований по количественной оценке надежности прогнозных построений.

Прогнозная оценка запасов по большим регионам представляет наибольший практический интерес. Оценка перспективности является по-существу лишь необходимым предварительным этапом ее решения, хотя и очень важным. К сожалению, методы решения проблемы оценки запасов находятся лишь в зачаточной стадии разработки. Имеется полезный опыт прогнозной оценки блоков рудных полей и рудных районов и оценки запасов по комплексным геохимическим аномалиям в детальных масштабах. Предпринимаются первые попытки учета региональной позиции месторождений при их промышленной оценке. Представляется совершенно необходимой разработка в ближайшее время принципов и методики прогнозной оценки запасов как в крупных (1:25 000 - 1:50 000), так и особенно в мелких масштабах (в пределах определенных регионов в целом).

В последнее время появляются методы, обеспечивающие принципиальную возможность решения проблемы оптимального планирования поисковых работ. Это, с одной стороны, методы оптимального программирования, широко используемые сейчас при решении различных задач, связанных с планированием. Подобные методы разработаны во ВСЕГЕИ для решения задачи оптимального распределения поискового ресурса, оптимального порядка опоскования перспективных участков (Л.С.Гельтман, ВСЕГЕИ). С другой стороны, это методы нахождения оптимальных стратегий

поиска путем моделирования на ЭВМ, изложенные в сообщении сот-
рудников ВЦ СО АН СССР (Ю.А.Воронин, Е.Н.Череликина, ВЦ СО АН
СССР):

Интенсивное развитие математических методов, интерес к
ним со стороны широкого круга геологов позволяют надеяться,
что в ближайшем будущем эти методы станут неотъемлемой частью
любого металлогенического исследования. Неизбежным следствием
этого явится резкое повышение эффективности прогнозных по-
строений. Для того чтобы ускорить решение данной задачи, не-
обходимы совместные усилия и интенсивная работа геологов и
математиков.

II. ВОПРОСЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГЛАВНЕЙШИХ
РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Итоги работы группы

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭНДОГЕННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ,
СВЯЗАННЫХ С ФОРМАЦИЯМИ УЛЬТРАОСНОВНЫХ И ОСНОВНЫХ
ПОРОД**

(Итоги работы группы № I)

На заседании рабочей группы № I (председатели С.В. Москалева и А.С. Варлаков) обсуждались вопросы прогнозирования полезных ископаемых, связанных с ультраосновными породами. В работе приняли участие 62 человека из 22 геологических организаций. С докладами выступили В.М. Немцович (ВСЕГЕИ), В.Г. Фоминых (УФАН СССР), И.В. Головин (ВИРГ), И.В. Дыхницкая (ВСЕГЕИ), А.А. Предовский (ГИН Кольского фил. АН СССР), В.С. Голубков (НИИГА), Н.Н. Урванцев (НИИГА), О.И. Калинин (ВИРГ), В.Н. Гусельников (НИИ КМА МЧМ СССР), А.С. Варлаков (Свердловский ун-т), С.В. Москалева (ВСЕГЕИ), О.Г. Коновалова (Новосибирский ун-т), Э.А. Морозова (ВСЕГЕИ), Р.В. Колбанцев (ВСЕГЕИ), А.Я. Хмара (ИМР МГ УССР), с сообщениями — М.В. Денисова (ВСЕГЕИ), А.К. Якуткин, В.Н. Макаров (ГИН Кольского фил. АН СССР).

Обсуждались следующие вопросы:

- 1) выявление формационной принадлежности оруденения, т.е. определение объекта исследования;
- 2) выявление места данного конкретного полезного ископаемого в формационном ряду, т.е. определение не только комплекса пород, с которыми это полезное ископаемое связано вообще, но и той реальной породы, с которой оно связано непосредственно;

3) разработка тектонических предпосылок размещения оруденения с целью установления, типизации и характеристики зон размещения рудных объектов, различных по объему и качеству руд.

Общие теоретические предпосылки

При решении вопроса о составе и количестве формаций основных и ультраосновных пород мнения разделились.

Согласно классическому определению А.Н.Заварицкого (1941), положенного в основу разработанной А.Г.Бетехиным, Г.М.Красновским, А.А.Рудиным и П.М.Татариновым "Методики поисков, разведок ... хромистого железняка" (1941), металлогенических схем Ю.А.Билибина (1955), Е.Т.Шаталова (1965) и других, принципов формационного анализа Ю.А.Кузнецова (1964), месторождения хромита, асбеста, медно-никелевых руд, платиноидов, титаномагнетита связаны с двумя главнейшими ассоциациями, которые С.В.Москалева (1963) предложила называть дунит-гарцбургитовой и дунит-диалагит-габбровой формациями. Эта точка зрения отстаивалась в докладе С.В.Москалевой (ВСЕГЕИ).

По мнению Ю.Л.Семенова (ВСЕГЕИ), кроме этих двух формаций, необходимо выделить формацию стратиформных расслоенных интрузий.

Согласно А.С.Варлакову, существует не менее пяти гипербазитовых формаций - гарцбургитовая, клинопироксенитовая, габброидных гипербазитов, дифференцированных габброидов, кимберлитов.

По мнению М.В.Денисовой, И.В.Ляхницкой, Е.В.Тугановой, Р.И.Шуруповой, существуют четыре только никельсодержащие формации ультраосновных и основных пород, каждая из которых залегает в разных структурных зонах, - формация постконсолидационной активизации складчатых областей перидотит-пироксенит-норитовая; габбро-перидотитовая наложенных грабен-синклинальных структур с незавершенной складчатостью; формации платформ оливинит-габбро-долеритовая и трапповая.

Рассмотренные схемы формационного деления отражают принципиальные разногласия не только теоретического, но и практического значения. Так, судя по табл. I, отражающей точку зрения авторов первой группы, промышленные концентрации каждого

полезного ископаемого свойственны лишь одной определенной формации. Хромитовые руды, например, следует искать только среди массивов собственно дунит-гарцбургитовой формации, а также среди реликтовых дунит-гарцбургитовых прослоев в смешанном формационном типе. Последний является не самостоятельной формой, а продуктом наложения образований дунит-диаллагит-габбровой формации на дунит-гарцбургитовый субстрат. Именно этим и объясняется сосуществование в нем полезных ископаемых, свойственных обеим формациям.

Судя по табл.2, отражающей точку зрения А.С.Варлакова, каждое полезное ископаемое полигенно, а каждая формация полиметалльна. Поэтому хромитовые руды, например, возможны в четырех различных независимых формациях. Точно так же, судя по табл.1, "первичные" медно-никелевые руды возникают лишь в участках "скрещения" дунит-гарцбургитовой и дунит-диаллагит-габбровой формации ("смешанный формационный тип") и потому только породы такого смешанного состава благоприятны для концентрации "первичных" медно-никелевых руд. Судя же по табл.2, медно-никелевые руды свойственны трем различным формациям.

Наряду с представлениями о наличии трех (А.С.Варлаков) или четырех (И.В.Ляхницкая и др.) самостоятельных и независимых никеленосных формаций, существует мнение, что их может быть и больше (А.М.Виленский). В то же время из докладов Н.Н.Урванцева и В.С.Голубкова, в которых вопрос формационной принадлежности специально не рассматривался, следует, что появление разных типов никельсодержащих месторождений связано с разными этапами геологической эволюции вещества единой формации. Аналогичный вывод вытекает из доклада А.А.Предовского и выступления А.И.Богачева.

В итоге дискуссии по этому вопросу присутствующие поддержали мнение К.Д.Беляева о том, что формационная принадлежность медно-никелевых руд выяснена недостаточно и должна составить предмет дальнейшего изучения.

Анализируя рассмотренные выше схемы формационного деления, можно видеть, что каждая из них построена по своему принципу. Так, авторы одних схем используют преимущественно вещественно-структурный подход, авторы других - генезис, условия залегания -

ния, внутреннее строение массивов, авторы третьих в ранг самостоятельной формации возводят ассоциации пород, слагающих отдельные массивы.

В каждой формации рудный минерал, мономинеральные скопления которого и составляют руду, представляет собой закономерный член единого петрорудного комплекса, являясь продуктом определенного этапа его развития. Поэтому важной задачей при прогнозировании является выделение стадии возникновения рудных концентраций и непосредственно связанных с ними пород, т.е. решение вопроса о породах-концентраторах оруденения.

Этот вопрос был поднят в докладах Н.Н.Урванцева, В.С.Голубкова, А.А.Предовского, И.В.Дяхницкой, С.В.Москалевой, О.Г.Коноваловой, Р.В.Колбанцева, В.М.Немцовича, А.Я.Хмары, в сообщениях и выступлениях В.Н.Гусельникова, В.Г.Фоминных, Ю.И.Рабиновича, М.В.Денисовой. Наиболее определенно он решен для месторождений хромита, различных видов асбеста, титаномагнетита.

Вопрос о тектонических предпосылках размещения различных видов оруденения обсуждался в докладах С.В.Москалевой, Э.А.Морозовой (хромиты), Г.В.Бурда (асбест), Р.В.Колбанцева (хромит, асбест), В.М.Немцовича (хромит, асбест, титаномагнетит), И.В.Головина (медно-никелевые руды). Все докладчики высказали единодушное мнение о том, что месторождения различных полезных ископаемых, связанных с ультраосновными и основными породами, приурочены к границам позитивных и негативных структур.

Анализ доложенного материала показывает, что объем месторождений тем больше, чем крупнее категория рассматриваемых структур.

По мнению С.В.Москалевой, металлические полезные ископаемые возникают в глубинных условиях. В верхних горизонтах земной коры они подвергаются серии процессов динамометаморфизма и метаморфизма, приводящих в одних случаях к рассеянию и уничтожению руд (хромит, платина, титаномагнетит, "первичные" медно-никелевые руды), а в других - к мобилизации и концентрации рассеянного рудного вещества ("вторичные" медно-никелевые руды). Поэтому задача регионального прогнозирования рассматриваемой серии полезных ископаемых, связанных с ультраоснов-

ными и основными породами, заключается в выяснении зон и участков максимальной сохранности пород и руд глубинного происхождения, в одном случае, и локализации рассеянных компонентов - в другом.

Неметаллические полезные ископаемые возникают в процессе переработки пород дунит-гарцбургитовой и дунит-диаллагит-габбровой формаций в условиях верхних горизонтов земной коры. Ниже излагаются итоги обсуждения по конкретным видам полезных ископаемых.

Хромит является конечным продуктом образования пород дунит-гарцбургитовой формации. Поэтому главным фактором регионального и локального прогноза является фиксация пород этой формации.

В настоящее время существуют две концепции локального поиска хромитовых месторождений. Одна из них нашла отражение в докладе Р.В.Колбанцева, вторая - в докладе С.В.Москалевой.

По мнению Р.В.Колбанцева, главным является: 1) расположение массивов в наиболее глубоко эродированных участках гипербазитовых поясов; 2) широкое развитие дунитов; 3) присутствие в гарцбурггитах высокохромистых акцессорных хромшпинелидов; 4) поисковые критерии в пределах массивов - пониженное содержание акцессорного хромшпинелида в дунитах и обилие хромитовых шпиров и прожилков; 5) неодинаковый состав хромитовых руд. Он определяется положением рудного тела в массиве. Наложенные процессы сколько-нибудь заметного изменения состава не вызывают.

По мнению С.В.Москалевой: 1) в связи с тем, что массивы дунит-гарцбургитовой формации не обладают вертикальной зональностью, но состоят из бесконечно переслаивающихся, как правило, круто залегающих полос существенно дунитового (дунит-гарцбургитового) и гарцбургитового состава, глубина эрозионного среза значения не имеет; 2) важно присутствие крупных локализованных масс дунитового или дунит-гарцбургитового (не выше 5-15% энстатита) состава. Широкое развитие дунитов в виде мелких полос, чередующихся с гарцбурггитами, неблагоприятно для возникновения крупных хромитовых залежей; 3) породы гарцбургитового и лерцолитового состава первичных кон-

центраций хромитовых руд не содержат. Аксессуарный хромшпинелид в них, как правило, низкохромист и потому его состав критерием поиска не является; 4) первичные крупные концентрации хромшпинелида (хромитовые руды) расположены на флангах мощных полос дунитового или дунит-гарцбургитового состава (С.В.Москалева, О.Г.Коновалова). Поэтому наиболее благоприятными участками для поиска в пределах массивов хромитовых руд, залегающих *in situ*, являются не донные части массивов, а окраины мощных прослоев дунитового и дунит-гарцбургитового состава; 5) хромитовые залежи формируются в тот же тектонический этап, что и породы дунит-гарцбургитового состава. В последующие эпохи они подвергаются всем преобразованиям, охватившим вмещающие их гипербазиты. Из этого следует, что современное размещение наиболее концентрированных руд (средне-, густовкрапленных и сплошных) определяется пострудной тектоникой. Ее изучение является ключом к реставрации первичного залегания, т.е. к отысканию слепых рудных тел. Состав первичных хромитовых руд однотипен. Современное же их качество определяется фацией и интенсивностью наложенного метаморфизма, который изменяет первичный состав руды и вмещающий гипербазит. Типы изменений следующие:

а) Серпентинизация в лизардитовой фации изменений хромита не вызывает. В хризотиловой и антигоритовой фациях способствует выносу Cr_2O_3 . Поэтому зоны интенсивного асбестообразования и антигоритизации на хромит бесперспективны.

б) Хлоритизация, начальные стадии диопсидизации и габброизации способствуют обогащению хромита глиноземом, изоморфно замещающим Cr_2O_3 , вследствие чего соотношение $Cr_2O_3:FeO$ возрастает в сторону железа. Области развития таких процессов мало перспективны на присутствие металлогенических руд и более перспективны на руды для огнеупорной и химической промышленности.

в) Интенсивные проявления диопсидизации и габброизации способствуют уничтожению хромитовых залежей. Поэтому массивы собственно диаллагитовые и габбровые бесперспективны на хромитовое оруденение.

Рассеянная рудная вкрапленность из областей слабого метаморфизма в силу слабого изменения хромшпинелида является ценным сырьем для механического обогащения и получения высококачественного металлургического сырья.

Ведущей концепцией регионального поиска хромитовых месторождений, по данным С.В.Москалевой, является выяснение тектонических предпосылок размещения хромитоносных гипербазитов. Практически это выражается в обнаружении зон с максимальной сохранностью пород дунит-гарцбургитовой формации, близких по составу к дунитам (дунитов и гарцбургит-дунитов). Анализ структурной позиции различных поясов позволяет установить, что по степени хромитоносности выделяются три типа поясов этой формации:

1) максимально хромитоносные, расположенные на границе эвгеосинклинальных зон с прилегающими жесткими структурами (Кемпирсайский пояс Урала). В их пределах наиболее перспективны массивы, выступающие в области жестких структур (южная и полярноуральская части пояса);

2) умеренно хромитоносные, расположенные внутри эвгеосинклинальных областей, вдоль границ их срединных масс (Восточно-Уральские, южные Алтае-Саянские, Закавказские, массивы Корякского нагорья, Северо-Востока);

3) минимально хромитоносные, расположенные в антиклиналях и горстантиклиналях синклинориев и антиклинориев геосинклинальных областей (Казахстан, мелкие тела Кавказа, Алтае-Саянской складчатой области, внутренние пояса Урала и др.):

На основании изложенного представляется возможным уже в настоящее время оценить перспективы различных регионов СССР на хромитовое оруденение:.

1. Наиболее перспективен Урал, особенно район Кемпирсайских месторождений. Здесь есть все основания ожидать значительного прироста запасов за счет невыявленных тел на участках разведанных месторождений, а также на большом протяжении к югу от Кемпирсайского массива на линии Кемпирсай-Даульско-Кокпектинский массив. Серьезного внимания заслуживает выяснение перспектив хромитоносности Сарановского массива, особенно в его южной глубинной части.

2. Менее значительные месторождения хромита возможны на Полярном Урале, в районе массивов Рай-Из и Войкар-Сындынский. Однако возможно, что качество руд в этом районе окажется значительно более низким, чем в Кемпирсайских месторождениях.

3. Среди восточнourальских поясов обнаружение крупных месторождений хромита возможно, по-видимому, лишь на значительных глубинах.

4. Серьезное внимание должны привлечь к себе пояса Алтае-Саянской складчатой области, особенно Южно- и Восточно-Тувинские, Дзабханский пояс Монголии, на Северо-Востоке — зоны Пенжинских и Усть-Бельского массивов, Камчатка и о. Карагинский.

5. Недостаточно изучены для вынесения долгосрочных прогнозов восточные части Севано-Амасийского пояса на Малом Кавказе и Беденского на Кавказе.

Асбест. Согласно В.Р.Артемову (ВСЕГЕИ), прогнозирование и поиски месторождений хризотил-асбеста облегчаются их постоянной приуроченностью к гипербазитам дунит-гарцбургитовой формации, к массивам или участкам массивов, сложенным гарцбургитами и алогарцбургитовыми серпентинитами. Асбестоносные массивы характеризуются неполной (40-70%) дунитовой серпентинизацией, разбиты сетью сближенных разломов и нередко, в особенности уральские, контактируют с гранитоидными интрузиями, которые, по мнению В.Р.Артемова, служат непосредственным источником асбестообразующих растворов. Р.В.Колбанцев, В.М.Немцович, Н.Н.Ведерников, Г.И.Бурд и С.В.Москалева полагают, что такой связи нет. По их мнению, главным фактором, стимулирующим возникновение месторождений хризотил-асбеста, является региональный зеленокаменный метаморфизм, охвативший гипербазиты, предварительно прошедшие lizarditization.

Структурная позиция месторождений этого типа, наиболее полно отраженная в докладах В.М.Немцовича и Р.В.Колбанцева, характеризуется расположением поясов хризотил-асбестоносных гипербазитов внутри эвгеосинклиналей на границе интрагеосинклинальных и интрагеоантиклинальных структур. В.М.Немцович подчеркивает приуроченность оруденения этого типа к будниак-плутонам с отчетливыми тектоническими контактами.

С учетом сказанного наиболее перспективными районами СССР на хризотил-асбестовое оруденение являются Урал, Тува, Саяны.

В пределах двух последних регионов Р.В.Колбанцев наиболее важными считает Куртушибинский и Западно-Тувинский пояса:

В указанных регионах сосредоточено большинство месторождений и возможен дальнейший прирост запасов как на ранее известных, так и на недавно выявленных месторождениях. Все другие регионы развития гипербазитов в СССР менее перспективны, но ввиду недостаточной изученности некоторые из них заслуживают специального обследования (Ветряный пояс, Северо-Восток СССР, Казахстан).

Месторождения антофиллит-асбеста связаны большей частью с высокомагнезиальными гипербазитами дунит-гарцбургитовой и дунит-диаллагит-габбровой формаций, залегающими в гнейсах, амфиболитах и кристаллических сланцах докембрия. Промышленные месторождения приурочены к измененным гипербазитам дунит-гарцбургитовой формации.

По данным А.Я.Хмары, их структурная позиция определяется приуроченностью месторождений антофиллит-асбеста к крупным мегантиклинориям. Н.Н.Ведерников и Г.И.Бурд, а также В.М.Немцович подчеркивают расположение месторождений этого типа среди пород, относимых к основанию эвгеосинклинали. Всеми исследователями (А.Я.Хмарой, В.М.Немцовичем, Н.Н.Ведерниковым и Г.И.Бурдом) отмечается, что область развития антофиллит-асбеста не обнаруживает признаков значительного проявления регионального зеленокаменного метаморфизма, но характеризуется широким развитием метаморфизма амфиболитовой фации.

Н.Н.Ведерников и Г.И.Бурд устанавливают, что наиболее перспективными на антофиллит-асбест являются группы будинированных антофиллит-тальковых апогипербазитов.

Перспективными на антофиллит-асбест, по данным А.Я.Хмары и других докладчиков, являются антиклинальные поднятия древних толщ, сложенных гнейсово-мигматитовыми комплексами, в палеозойских и мезозойских складчатых областях и области докембрийской складчатости на щитах, в частности Восточно-Уральский и Мугоджарский антиклинории на Урале, Кокчетавская глыба Северного Казахстана, Северное Прибайкалье, Сангиленский массив в Туве, южные отроги Станового хребта, Южно- и Восточно-Тувинский, Восточно-Саянский, Ийско-Тагульский пояса, Бу-

реинский и Ханкайский срединные массивы на Дальнем Востоке, Карелия, Западное Приазовье, Среднее Приднепровье, зона Главного Кавказского хребта, площади развития серпентинизированных и амфиболитизированных перидотитов среди докембрийских образований Анабарского массива.

Медно-никелевые руды. Проблеме прогнозирования медно-никелевых руд была посвящена большая часть докладов. В них рассматривались проблемы образования медно-никелевых руд (доклады Н.Н.Урванцева, В.С.Голубкова, А.А.Предовского и др.), вопросы прогнозирования в пределах того или иного рудного поля (доклад И.В.Ляхницкой) и др.

Общие закономерности размещения медно-никелевых месторождений были подчеркнуты в докладе И.В.Головина и др. Ряд важных методических указаний по использованию геофизических данных при поисках месторождений медно-никелевых руд прозвучал в докладе Н.Н.Калинина и др.

Наибольшую дискуссию вызвало сообщение И.В.Ляхницкой, а также сформулированные ею и другими общие положения. Возражения относились главным образом к формационному делению, остальные пункты положений приняты большинством.

Никель. Наиболее крупные медно-никелевые сульфидные месторождения в Советском Союзе и за рубежом сосредоточены на древних (докембрийских) щитах и платформах (табл.3). В пост-протерозойских складчатых областях известны лишь месторождения незначительного масштаба.

В Советском Союзе выделяются две крупные никеленосные провинции: Карело-Кольская на Балтийском щите и Енисейская на Сибирской платформе. Перспективы сульфидных медно-никелевых месторождений Воронежского кристаллического массива складчатого обрамления Сибирской платформы в Северном Прибайкалье еще недостаточно выяснены.

Медно-никелевые сульфидные месторождения в Советском Союзе связаны с формациями ультраосновных и основных пород: перидотит-пироксенит-норитовой, габбро-перидотитовой, оливинит-габбро-долеритовой и трапповой. В указанных рядах пород, слагающих никеленосные комплексы, медно-никелевое сульфидное оруденение приурочено к наиболее магнезиальным разновидностям ультраосновных и основных пород.

Закономерности размещения полезных ископаемых в дунит-гарцбургитовой и дунит-диаллагит-габбровой формациях (по С.В.Москалевой)

Формация-субстрат	Полезные ископаемые		Область рудообразования	Процессы, способствующие образованию руды и материнской породы (концентратора)	Формация-концентратор ("материнская")	Тектонический режим области размещения месторождений	Зоны наибольшей потенциальной рудоносности
Дунит-гарцбургитовая	Хромит		Верхняя мантия Земли	Оливинизация гарцбургитов и образование дунитов I генерации	Дунит-гарцбургитовая	Геосинклинальный	I. Зона сочленения геосинклинали с жесткой структурой (крупнейшие месторождения) 2. Внешние границы срединных масс (мелкие месторождения)
	Хризотил-асбест						
	Амфибол-асбест		Верхние части "гранитного слоя"	Антофиллитизация в условиях амфиболитовой фации регионального метаморфизма с образованием антофилитовых пород			Антиклинали мегантиклинорий
	Тальк			Начальные стадии гранитизации			платформенный
Смешанный формационный тип	Медно-никелевые руды	первичные	Базальтовый слой Земли	Габброизация существенно оливиновых пород дунит-гарцбургитовой формации с образованием габбро, норитов, анортозитов	Дунит-диаллагит-габбровая	Щит, платформа	Области постконсолидационной активизации
		вторичные	Верхние слои коры	Регрессивный полиметаморфизм образований I-го типа	Смешанный формационный тип	Геосинклинальный	Зона сочленения геосинклинали с жесткой структурой
Дунит-диаллагит-габбровая	Платиноиды		Базальтовый слой Земли	Регрессивный полиметаморфизм образований I-го типа	Смешанный формационный тип	Геосинклинальный платформенный	Области постконсолидационной активизации
	Титаномагнетит			Габброизация диаллагитов с возникновением горнблендитов, габбро, анортозитов	Дунит-диаллагит-габбровая		

Полезные ископаемые генетических комплексов гипербазитовых формаций (по А.С.Варлакову)

Формации		Генетические комплексы (породы и оруденение)						
		магматические		метасоматические				
				пневматолитические		гидротермальные		
				авто	алло			
Гарцбургитовая	Рудовмещающие породы	Гарцбургиты (лерцолиты)		Магматические гарцбургиты (отчасти штурбахиты)	Дуниты	Апогарцбургитовые и аподунитовые серпентиниты		
	Руды	Безрудный		Хромиты (переотложенные, высокоглиноземистые)	Хромиты (высокохромистые)	Талькиты, тальк-магнезитовые породы, хризотил-асбест, магнезио-арфедсонит-асбест, антофиллит-асбест (региональный метаморфизм)		
Клинопироксеновая	Рудовмещающие породы	Клинопироксениты, оливиновые клинопироксениты		Дуниты	Оливиниты, перекристаллизованные и вторичные клинопироксениты	Только платформенная группа. Оливиниты (дуниты), ийолит-мельтейгиты, клинопироксениты, форстерит-меллилитовые породы, карбонатиты		
	Руды	Титаномагнетиты, платиноиды, Cu, Ni - сульфиды		Хромиты, высокожелезистые, платиноиды, Cu, Ni - сульфиды	Титаномагнетиты	Магнетиты, апатиты, флогопиты, Nb, Ta, Ti, Ir, TR - минералы		
Габброидных гипербазитов	Рудовмещающие породы	Гарцбургиты	Верлиты, оливиниты, клинопироксениты			Магматические дуниты (оливиниты) платформенной группы	Серпентинизированные дуниты и гарцбургиты и серпентиниты	Метапериодиты
	Руды	Хромиты (высокожелезистые и глиноземистые)	Cu, Ni - сульфиды, титаномагнетиты с апатитом			То же, что и в клинопироксенитовой формации платформ	Хризотил-асбест, тальковые камни	Переотложенные, Cu, Ni - сульфиды
Дифференцированных габброидов, в том числе доломитных	Рудовмещающие породы	Полевошпатовые гарцбургиты, бронзититы (реже дуниты)	Гарцбургиты, оливиниты	Гортонолитовые дуниты				
	Руды	Хромиты (высокожелезистые); в дунитах - высокохромистые; платиноиды, Cu, Ni - сульфиды	Cu, Ni - сульфиды	Платиноиды				
Кимберлитовая	Рудовмещающие породы	Кимберлиты	Кимберлиты слюдяные высокотитанистые (TiO ₂ - 2,5%)					
	Руды	Алмазы	Алмазы (редко)					

Основные типы медно-никелевого оруденения формируются в процессе становления интрузий и последующих единых для интрузий и оруденения метаморфических преобразований.

По мнению одних исследователей (Г.И.Горбунов, М.Н.Годлевский, Н.П.Чернышев, В.Д.Полферов, Ю.Г.Старицкий, Е.В.Туганова, А.Н.Корнилов, И.А.Яковлев, В.Н.Марков, Г.В.Холмов, И.В.Ляхницкая и др.), основным рудообразующим процессом является магматический (процесс ликвации). Метаморфизм не является рудогенным, но играет существенную роль в формировании рудных тел, способствуя перераспределению рудного вещества и при определенных условиях — образованию богатых руд.

По мнению других (А.Г.Остапенко, А.А.Предовский, С.И.Зак, А.М.Виленский, Э.Н.Елисеев, Г.И.Кавардин, Н.И.Сухов, С.А.Гулин), медно-никелевые руды являются результатом гидротермально-метаморфических процессов, причем источником никеля сторонники этой гипотезы считают богатые оливином породы, не уточняя их формационной принадлежности и состава.

По мнению третьих (И.А.Елисеев, М.В.Денисова и др.), сульфидные руды образуются из постмагматических гидротермальных растворов.

В основе поисков медно-никелевых месторождений лежит представление о ведущей роли магматического фактора, обусловленной их генетической связью с магматическими формациями ультраосновных и основных пород, проявляющихся в определенной геотектонической обстановке.

Поскольку наиболее крупные по запасам медно-никелевые месторождения сосредоточены на платформах и древних щитах, первоочередными объектами исследования, по-видимому, должны являться недостаточно изученные районы Балтийского щита, в особенности Кольского полуострова и Карелии. То же относится к Воронежскому, Украинскому и Белорусскому кристаллическим массивам.

На Сибирской платформе первоочередным районом для поисков медно-никелевых руд является север Сибирской платформы в пределах Предтаймырской зоны. По-прежнему заслуживает пристального внимания Приенисейская зона, выделявшаяся ранее, но в других очертаниях (от оз.Глубокого на севере до р.Нижней Тунгуски на юге).

Второстепенными объектами исследования являются хребты Джугджур и Становой, где имеется ряд рудопроявлений.

С точки зрения экономики Дальнего Востока значительный интерес представляет изучение рудопроявлений Приморья и Камчатки.

Титан. Согласно В.М.Немцовичу и В.Г.Фоминих, главнейшими титаноносными формациями являются: 1) дунит-диаллагит-габбровая с субформациями: а) габбро-пироксенит-дунитовой; б) габбровой, в) габбро-анортозитовой; 2) щелочно-ультрасосновная, в данном разделе не рассматриваемая.

В дунит-клинопироксенит-габбровой формации титановые руды связаны преимущественно с пироксенитами, горнблендитами и меланократовыми габбро. Титаноносные интрузивы располагаются в виде протяженных титанорудных поясов вдоль зон глубинных разломов. В пределах таких поясов наблюдается неравномерное распределение массивов с приуроченностью их к участкам сопряжения разломов разных направлений.

Титаноносные формации возникают на разных этапах развития земной коры (в ранние, поздние этапы подвижных зон, в платформенную стадию). Большинство промышленно ценных месторождений приурочено к докембрийским интрузивам, что обусловлено проявлением среди последних интенсивного метаморфизма, сопровождающегося благоприятными минеральными и структурными преобразованиями рудных концентраций.

Месторождения титановых руд возникают лишь в достаточно мощных, наиболее дифференцированных массивах. В пределах интрузивов распределение титанового оруденения подчинено элементам расслоения плутонов.

На разных уровнях эрозионного среза интрузий дунит-диаллагит-габбровой формации вскрываются массивы разного состава и оруденения. С глубоко эродированными массивами габбро-пироксенит-дунитового состава связано малотитанистое титаномагнетитовое оруденение, с малозернистыми массивами габброидного и габбро-анортозитового состава - ильменит-титаномагнетитовое, иногда медно-титановое оруденение.

Для выявления промышленных месторождений титана в связи с основными и ультрасосновными интрузиями наиболее перспективны Урал, Карело-Кольский регион, Алтай-Саянская область.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭНДОГЕННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ,
СВЯЗАННЫХ С ФОРМАЦИЯМИ УЛЬТРАОСНОВНЫХ ЩЕЛОЧНЫХ
ПОРОД И КИМБЕРЛИТОВ

(Итоги работы группы № 2)

На заседании рабочей группы № 2 (председатели И.Я.Дядькина и В.А.Милашев) были рассмотрены вопросы прогнозирования эндогенных полезных ископаемых, связанных с комплексами ультраосновных щелочных пород и карбонатитов, а также кимберлитов. В работе приняли участие 45 человек из 14 геологических организаций. С докладами по прогнозированию металлических и неметаллических полезных ископаемых, приуроченных к комплексам ультраосновных щелочных пород, выступили М.П.Орлова, Э.А.Багдасаров (ВСЕГЕИ), В.И.Терновой (ЛГИ), А.А.Фролов (ВИМС), по эндогенной алмазности — Н.Н.Сарсадских (ВСЕГЕИ), В.А.Милашев (НИИГА), В.Т.Изаров, Б.Д.Миков, В.И.Авраменко, Б.А.Моисеенко, Н.Н.Романов (СНИИГГИМС, Якутское ТГУ), по россыпной алмазности — М.И.Плотникова (ВСЕГЕИ).

В результате обсуждения участники заседания пришли к выводу о том, что, хотя комплексы ультраосновных щелочных пород и кимберлиты являются родственными образованиями, они весьма существенно различаются по минеральным парагенезисам, металлогенической специализации, в некоторой степени по геологоструктурной позиции и, следовательно, требуют различного подхода при их поисках и прогнозировании на то или иное полезное ископаемое. Главное внимание было уделено разработке критериев поиска и методов прогнозирования территории СССР на комплекс полезных ископаемых, связанных с ультраосновными щелочными породами и карбонатитами, с одной стороны, и алмазы в кимберлитах — с другой, перспективной оценке территории СССР на указанные полезные ископаемые.

Доклады, касающиеся закономерностей размещения и прогнозирования месторождений, связанных с комплексами ультраосновных щелочных пород и карбонатитов, не вызвали дискуссии, так как большинство участников совещания высказало близкие взгляды по основным вопросам. В то же время доклады, рассматривающие кри-

тери поисков и основы прогнозной оценки месторождений алмазов, выявили у участников совещания принципиальные расхождения по этим вопросам.

Прогнозирование месторождений, связанных с комплексами ультраосновных щелочных пород и карбонатитов

1. Ультраосновные щелочные породы и карбонатиты являются источником целого ряда полезных ископаемых, таких, как флогопит, железные, медные, титановые руды, редкие (Nb, Ta, Zr, Sr, Be) и редкоземельные (Y, Ce) элементы, апатит, флюорит, форстерит, вермикулит, карбонаты. Например, Ковдорский массив ультраосновных щелочных пород на Кольском полуострове в настоящее время является главным поставщиком флогопита и вермикулита. С 1961 г. там производится добыча железных руд; разработаны методы полупного извлечения апатита и редких металлов, запланировано строительство соответствующих обогатительных фабрик.

Для месторождений, связанных с породами ультраосновной щелочной формации, характерна сосредоточенность всех полезных ископаемых на малой площади при относительно высокой концентрации в них промышленно ценных компонентов. В связи с этим разработка теории прогнозирования данных месторождений, а также установление критериев их поиска и оценки на отдельные виды сырья имеет огромное научное и практическое значение.

Участники совещания отметили большое значение работ А.А. Кухаренко, Ю.М.Шейнманна, Л.С.Бородина, Е.М.Эпштейна, Е.С. Егорова, М.П. Орловой, В.И. Тернового, А.А. Фролова и других исследователей в деле поисков и прогнозирования месторождений, связанных с комплексами ультраосновных щелочных пород и карбонатитов.

2. Комплексы ультраосновных щелочных пород и карбонатитов являются многофазными массивами, сложенными породами последовательно образующихся серий: а) ультраосновной (оливиниты, пироксениты, якупирангиты); б) щелочной (мельтейгиты, нилолиты, уртиты, нефелиновые и щелочные сиениты); в) карбонатитовой (мелилиты, форстерит-apatит-магнетитовые породы и

карбонатиты различного состава). Широким распространением пользуются субвулканы, дайки щелочных пород и пегматиты.

Массивы имеют четко выраженную горизонтальную и вертикальную зональность. Горизонтальная зональность может быть как прямой (ультраосновные породы в центре, щелочные — на периферии), так и обратной (щелочные породы в центре, ультраосновные — на периферии). Обычно в каждой провинции преобладает свой тип зональности. Вертикальная зональность во всех массивах одинакова: ультраосновные породы тяготеют к нижним, а щелочные — к верхним частям массивов.

Массивы ультраосновных щелочных пород и карбонатитов могли возникать лишь в тех случаях, когда глубинные разломы пересекали участки земной коры, испытывающие длительную стабилизацию, что определило возможность совмещения вдоль одних и тех же каналов всех продуктов подкоровой магмы от ультраосновной до щелочной.

3. Главнейшим критерием поиска провинций ультраосновных щелочных пород и карбонатитов является их приуроченность к глубинным разломам, располагающимся в пределах щитов, платформ, срединных массивов и других областей завершённой складчатости. В пределах каждой провинции отдельные массивы располагаются в местах сопряжения глубинных разломов регионального характера с оперяющими их трещинами.

4. Возраст интрузий колеблется от докембрийского (Восточная Канада) до современного (вулканические конусы Восточной Африки) с максимумом развития в каледонский, герцинский и киммерийский этапы орогенеза. При этом намечается тенденция смены пород ультраосновного состава щелочными разностями и карбонатитами по мере их омоложения с соответствующей заменой слюдяной минерализации апатитовой и редкометалльно-редкоземельной. Период стабилизации областей, заключающих в себе массивы ультраосновных щелочных пород и карбонатитов, нередко достигал целых геологических эпох, разрыв же во времени формирования ранних ультраосновных и поздних щелочных серий в среднем составляет около 100 млн. лет.

5. Прогнозирование месторождений, связанных с рассматриваемыми интрузиями, необходимо проводить на всех этапах по-

исковых, разведочных и даже эксплуатационных работ в связи с возможностью обнаружения по мере их детализации новых видов полезных ископаемых.

6. При прогнозировании необходимо учитывать в первую очередь ту тектоническую обстановку, в которой происходило формирование данных интрузий:

а) в пределах разломов типа линейментов (Великие Африканские, Норвежско-Кольская система) обычно развиты субвулканы, представленные главным образом щелочными породами и карбонатитами, для которых характерна редкометальная и редкоземельная минерализация;

б) с расколами в кристаллическом фундаменте щитов, разграничивающими блоки с различным глубинным строением и зачастую представляющими собой ветви или окончания сквозьструктурных разломов, связаны многофазные интрузивные тела с комплексной апатит-железо-редкометальной и флогопитовой минерализацией (Карело-Кольская провинция);

в) к структурным швам, проходящим в краевых зонах консолидированных областей (щитов, платформ), приурочены многофазные интрузии ультраосновного и щелочного состава, а также карбонатиты, содержащие флогопитовую, апатитовую, а иногда железорудную минерализацию (Восточно-Алданская, Маймеча-Котуйская, Бнисейская провинции). Тектонические нарушения этого типа, как правило, отсутствуют в участках надвигов на консолидированные области соседних складчатых сооружений и в местах их сочленения с краевыми прогибами;

г) в зонах сочленения платформ и складчатых сооружений присутствуют интрузии существенно щелочного состава и карбонатиты. Широким распространением в них пользуется редкометальная (Ta, Nb) и редкоземельная минерализация (Восточно-Саянская и другие провинции);

д) зоны разломов в срединных массивах и областях завершенной складчатости содержат линейные интрузии редуцированного типа (без щелочных пород и карбонатитов, нередко с телами габброидов), характеризующиеся развитием апатитовых руд и железо-магнезиальных слюд с повышенной железистостью (Кокчетавская, Сихотэ-Алинская).

7. Глубина эрозийного среза массивов ультраосновных щелочных пород и карбонатитов является важным фактором прогнозирования связанных с ними полезных ископаемых и может быть выявлена путем изучения вертикальной зональности в пределах указанных массивов. В наиболее глубоко эродированных массивах на поверхность выведены породы ультраосновного состава, не содержащие, как правило, промышленной минерализации. Слабо эродированные массивы сложены преимущественно щелочными разностями пород и карбонатитами с редкоземельной и редкометальной минерализацией. Средний уровень эрозии (на поверхность выходят многофазные интрузии, представленные породами от ультраосновного до щелочного состава) наиболее благоприятен для нахождения комплексной апатит-железо-редкометальной и флогопитовой минерализации.

8. Отдельные провинции ультраосновных щелочных пород характеризуются определенной минерогенической специализацией. Так, например, для одной из наиболее крупных в СССР Карело-Кольской провинции характерна комплексная минерализация, представленная рудами железа, титана, фосфора, редких металлов, крупнейшими концентрациями флогопитовых и развитых в коре выветривания вермикулитовых руд. Для Восточно-Саянской провинции типична редкоземельная и редкометальная минерализация. Трещинные интрузии Кокчетавской провинции характеризуются присутствием апатитовых руд и значительными концентрациями высокожелезистого флогопита, преобразованного в коре выветривания в вермикулит.

9. При поисках и прогнозировании рудоносных тел в пределах массивов ультраосновных щелочных пород и карбонатитов следует учитывать, что развитие флогопитовой, апатит-железородной и редкометально-редкоземельной минерализации несколько разорвано во времени, а концентрации этих полезных ископаемых обычно пространственно разобщены. При этом промышленная слюдяная минерализация развивается за счет высокомагнезиальных оливинсодержащих, нередко мелилитизированных алюмосиликатных пород. Апатит-магнетитовая, редкометальная и редкоземельная минерализация приурочена к участкам пересечения неполнокольцевых зон трещиноватости линейными нарушениями, обычно проходящими в зонах контакта пород различного состава.

10) Так как месторождения, связанные с породами ультраосновной щелочной формации, содержат многообразные полезные ископаемые, сосредоточенные на небольшой площади и образующие зачастую значительные концентрации, их промышленное значение неуклонно возрастает.

Наряду с уже известным эксплуатирующимся Ковдорским месторождением необходимо продолжить разведочные работы на массивах Турьего мыса и поставить их вновь на массивах Вуорьярви и Себьлярв, благоприятных для нахождения комплексной апатит-железородной и редкометалльной минерализации. Следует произвести детальные поисковые работы в пределах Маврогубинской группы массивов и в районе Канадалахского грабена на островах Невексы.

В отношении нахождения редкометалльной и редкоземельной минерализации весьма благоприятны массивы Восточно-Алданской и Восточно-Саянской провинций. В случае промышленного освоения севера Сибири необходима постановка разведочных работ на массивах Ессей (апатит, железо), Гулинском, Бор-Урях, Кугда (флюопит) Маймеча-Котуйской провинции.

Прогнозирование месторождений алмазов, связанных с кимберлитами

К о р е н н ы е м е с т о р о ж д е н и я а л м а з о в

1) По своим фациальным особенностям кимберлиты подразделяются на два типа: а) трубки взрыва (диатремы) диаметром 30-1000 м, сложенные эруптивными брекчиями, состоящими из обломков различных пород и связующей их магматической массы. Обломки представлены глубинными ультраосновными породами и отдельными минералами, с ними связанными (родственными), а также осадочными и метаморфическими породами чехла и фундамента платформы (чуждыми) и кимберлитами ранних фаз внедрения; б) дайки пикритовых порфиритов, которые чаще всего не содержат включений подкоровых ультраосновных и чуждых им по составу пород.

В алмазоносных районах развиты эруптивные брекчии, в слабоалмазоносных и неалмазоносных — дайки пикритовых порфиритов.

НИКЕЛЕНОСНЫЕ МАГМАТИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ
(Составили И.В.Ляхницкая и Е.В.Туганова)

Характеристика формаций	Перидотит-пироксенит-норитовая формация			Габбро-перидотитовая формация	Оливинит-габбро- (долеритовая) формация	Трапповая формация (троктолит-долеритовая подформация)
	комплекс				комплекс	
	расслоенных ультра-основных-основных интрузий	основных интрузий	ультраосновных интрузий		расслоенных основных-ультраосновных интрузий	основных интрузий
Серия пород	Гарцбургит (лерцолит) бронзит-норит	Норит-габбро-норит-кварцевый норит	Гарцбургит-бронзитит	Габбро (авгитовые пироксениты) - верлит	Плагноклазовый оливинит и перидотит-пикритовый габбро-долерит, оливиновый, безоливиновый и кварцевый габбро-долерит	Троктолитовый лейкократовый, оливиновый и безоливиновый долерит
Внутренняя структура	Непрерывная серия пород с постепенными переходами			Прерывистая серия пород с редкими переходами	Непрерывная серия пород с постепенными переходами	
Зональность	Четкая зональность с убывающей основностью пород от подошвы к кровле		Зональность отсутствует	Четкая зональность с резкими переходами между членами серии	Четкая зональность с убывающей основностью от подошвы к кровле	Зональность отсутствует. Обособление наиболее основных и кислых пород в виде шпиров и прерывистых горизонтов
Расчлененность внутри членов серии	Отчетливая		Отсутствует	Отсутствует	Отчетливая	Нечеткая
Геологическая позиция	Щ и т ы			Чехол древних платформ		
	Пересечение региональных разломов. Разломы, ограничивающие геосинклинальные трюги		Разломы периферии куполообразных структур	Прогибы в геосинклинальных зонах	Разломы в наиболее подвижных авлакогеноподобных структурах	Зоны сочленения крупных пликативных структур и сопровождающих их разломов
Глубинность	Мезоабиссальная		Абиссальная (реже мезоабиссальная)	Гипабиссальная		
Сульфидное медно-никелевое оруденение	Преобладание никеля над медью				Преобладание меди над никелем	
	Вкрапленные и прожилково-вкрапленные руды в подошве массивов на "висячих" горизонтах. Массивные руды в интрузивах и в зонах экзоконтактов	Рассеянная вкрапленность и шпирь массивных руд внутри интрузивов	Вкрапленные руды; сплошные руды в нижнем эндоконтакте массива	Вкрапленные руды в массиве, Брекчиевидные и сплошные в тектонических зонах нижних эндо- и экзоконтактов интрузивов	Вкрапленные и прожилково-вкрапленные руды в низах интрузий и в подстилающих породах. Залежи и жилы массивных руд в эндо- и экзоконтактах интрузивов	Рассеянная вкрапленность с "висячими" горизонтами и шпирями сульфидов
Генетические типы оруденения	Ликвационно-магматический			Ликвационно-магматический, метаморфогенный	Ликвационно-магматический	Позднемагматический

Примеры никеленосных районов

Мончегорский (Кольский п-ов), Нижне-Мамонтовский (Воронежский массив), Давыренский (Северное Прибайкалье), Седбери (Канада), Бушвельд (Южная Африка)

Панские и Федоровы тундры, Ловно (Кольский п-ов), Олангские, Кивач (Карелия), Лейпюер, Флот и др. (Швеция, Норвегия)

Аллареченские, Микоры Каталахти и др. (Финляндия), ряд массивов Норвегии

Печенгские (Кольский п-ов), массивы пояса Уигавы (Канада), Камбольда, Виндорра (Зап. Австралия), массивы Северо-американских кордильер и Аляски

Норильский и Курейский районы (Сибирская платформа)
Норильский комплекс, Инсизва (Южная Африка)
Сычуань (Китайская платформа)

Северо-запад Сибирской платформы

Курейский комплекс

2. Главнейшим поисковым признаком промышленно ценных алмазодносных кимберлитов является их приуроченность к центральным частям платформ, имеющим докембрийский фундамент. Характерно уменьшение степени алмазодносности кимберлитов вплоть до ее полного исчезновения по мере приближения к окраинам платформ, что, скорее всего, связано с увеличением мощности земной коры в этом направлении. Кимберлиты, развитые на окраинах платформ и в пределах щитов, нередко ассоциируют с ультраосновными щелочными породами, присутствие которых является, таким образом, неблагоприятным признаком для нахождения богатой алмазодносности. Состав таких кимберлитов характеризуется повышенным содержанием $FeO + Fe_2O_3$, Al_2O_3 , K_2O , TiO_2 , увеличением количества элементов-примесей (F , Zr , Bz , V , Y и др.), что характерно для комплексов ультраосновных щелочных пород, а также уменьшением содержания Cr и Ni - элементов, типичных для кимберлитов.

По времени проявления кимберлитовый вулканизм совпадает с эпохами длительного устойчивого воздымания обширных регионов платформ. В Восточно-Сибирской провинции формирование промышленно алмазодносных кимберлитов достигло максимума в среднем палеозое.

3. В прогнозировании промышленной алмазодносности имеются два главных направления: структурное (с учетом петрохимических и минералогических особенностей кимберлитов) и фациальное.

а) Положение кимберлитов, согласно данным исследователей, развивающих это направление (Н.Н.Сарсадских, А.П.Бобриевич, А.Г.Дьяков), контролируется разрывной тектоникой - наличием зон глубинных разломов, краевыми швами и т.д. Так, на территории Сибирской платформы наиболее перспективной в отношении проявления богатой эндогенной алмазодносности считается широкая полоса, пересекающая платформу в северо-восточном направлении, расположенная между двумя крупными зонами разломов и граничащая со среднепалеозойским Патомско-Вилуйским авлакогеном. Перспективна также северо-восточная часть платформы, непосредственно примыкающая к Лено-Хатангской средне-верхнепалеозойской периферийной синеклизе, ограниченной протяженным разломом.

б) Согласно схеме, разработанной В.А.Милашевым, в центре кимберлитовой провинции, обычно имеющей субизометрические очертания, развиты ранние кимберлиты, сформировавшиеся при максимальных температуре и давлении (алмазная субфация), в мезозоне — более молодые кимберлиты, возникшие при средних (алмаз-пироповая субфация), а на периферии — поздние кимберлиты, образовавшиеся при минимальных термодинамических параметрах (пироповая субфация). В соответствии с различиями физико-химических условий формирования разнофациальных кимберлитов от центральных к периферийным зонам провинций закономерно убывает содержание алмазов (как в кимберлитах, так и в россыпях) и относительное количество октаэдрических кристаллов алмаза. Падает содержание хрома, никеля, возрастает содержание железа, титана, алюминия, калия и некоторых других элементов в кимберлитах, уменьшается глубина заложения трубок взрыва и средняя площадь в плане.

Вероятность обнаружения богатых коренных месторождений алмазов в зоне развития кимберлитов алмазной субфации максимальна, в мезозоне — незначительна, а зона развития кимберлитов пироповой субфации в отношении промышленной алмазоносности практически бесперспективна.

При комплексном геолого-экономическом районировании кимберлитовых провинций рекомендуется определить площади, в пределах которых сочетаются высокие перспективы коренной алмазоносности с благоприятными геолого-экономическими условиями, позволяющими в значительной мере сокращать затраты на поиски, разведку и эксплуатацию месторождений алмазов. В связи с этим, наряду с определением фациальной принадлежности кимберлитов, следует учитывать наличие сильно магнитных и мощных "посткимберлитовых" осадочных толщ, затрудняющих применение магнитометрического и шлихового методов поисков, степень удаленности от действующих рудников, путей сообщения и т.д.

Россыльные месторождения алмазов

1. Наиболее важными поисковыми признаками россыпной алмазоносности, согласно данным М.И.Плотниковой и др., являются следующие:

а) присутствие алмазоносных кимберлитов, являющихся единственным установленным первоисточником богатых россыпей;

б) приуроченность россыпей к древним платформам или складчатым областям, пережившим платформенную стадию развития. При этом в первых зоны эндогенной алмазоносности могут либо совпадать, либо быть разобщенными, что связано с интенсивностью тектонических движений;

в) локализация россыпей алмазов в грубообломочных разностях пород — конгломератах, галечниках, приуроченных к началу крупных циклов седиментогенеза (реже к основанию отдельных мезоритмов);

г) присутствие минералов-спутников алмаза по кимберлитам: пиропа, хром-диоксида, хромшпинелида и др., которые вблизи кимберлитовых тел гораздо более распространены, чем сам алмаз, и легко диагностируются при шлиховом опробовании.

2. Важным условием формирования алмазоносных россыпей являются процессы выравнивания рельефа и образования кор выветривания, особенно интенсивно протекающие в тектонически стабильных условиях при тропическом или субтропическом гумидном климате. Весьма благоприятны процессы последующего многократного переыва и перетолжения материала в аллювиальных и прибрежно-морских обстановках, происходящие в любых климатических условиях, в результате которых возникают наиболее ценные в практическом отношении алмазные россыпи. При этом образованию россыпей способствуют геоморфологические ловушки типа карстовых и эрозионно-тектонических депрессий, перегибов продольных профилей рек и т.п.;

3. С учетом перечисленных признаков наиболее перспективны, с точки зрения экзогенной алмазоносности, верхнепалеозойские, мезозойские, палеогеновые, неогеновые и четвертичные отложения

востока и северо-востока Сибирской платформы в зонах сопряжения Анабарской антеклизы с прилетарскими прогибами и синеклизой, а также центральной части платформы в пределах Ангаро-Вилейской зоны разломов.

На западном склоне Урала и Тимана перспективными представляются складчатые области, развивавшиеся на жестком платформенном основании, к которым относятся древние ордовикские и додевонские кластические толщи, а также делювиально-пролювиальные образования мезозоя и кайнозоя, приуроченные к карстовым депрессиям на водоразделах, и предположительно нижне-четвертичные аллювиальные отложения, выполняющие переуглубленные участки долин под современным руслом. На Тимане наибольшего внимания заслуживают грубокластические толщи живетского яруса девона.

Неясны и требуют дальнейшего изучения перспективы россыльной алмазности Русской платформы и Казахстана.

4. К наиболее актуальным задачам в проблеме прогнозирования промышленной алмазности следует отнести:

- а) установление объективных факторов локализации алмазных кимберлитов в масштабах полей и крупнее;
- б) разработку комплекса геолого-геофизических методов выявления и прогнозирования зон и участков повышенной проницаемости земной коры для кимберлитовых расплавов;
- в) разработку надежного комплекса методов определения главных петрохимических особенностей и степени алмазности кимберлитов по минералам-спутникам алмаза, найденным в россылях;
- г) выявление методов косвенных оценок и прогнозирования сортности алмаза в кимберлитах, поскольку ценность месторождений зависит не только от количества, но в значительной мере и от качества кристаллов алмаза.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭНДОГЕННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ,
СВЯЗАННЫХ С ФОРМАЦИЯМИ СРЕДНИХ И УМЕРЕННО КИСЛЫХ
ПОРОД

(Итоги работы группы № 3)

Заседание рабочей группы № 3 (председатель И.Г.Павлова) было посвящено месторождениям двух характерных и промышленно важных рудных формаций — железо-скарновой и медно-порфировой.

С докладами выступили Я.П.Баклаев (УФАН СССР), О.К.Ксенофонтов, В.С.Домарев, А.Н.Успенский (ЛГИ), Н.И.Руденко (ЛГИ), Ю.П.Рождественский, И.Г.Павлова, Д.В.Рундивист, Р.Г.Шагинян, В.С.Якубович (ВСКГЕИ); Б.С.Зейлик (Балхашская ГРЭ), Г.П.Бурдуков, В.И.Фомичев, Л.А.Мирошниченко, О.А.Космухамедов, Е.И.Кузнецова (ИГ АН КазССР), Р.Г.Шагинян (ВСКГЕИ). С дополнительными докладами, тезисы которых не были опубликованы, выступили Г.С.Поротов (ЛГИ), Г.М.Сластушинский (ВИЭМС); в выступлениях приняли участие Г.С.Нечелюстов (ДВИМС), П.С.Прямошов (УТГУ) и др.

Главное внимание было уделено анализу закономерностей размещения месторождений рассматриваемых формаций и основанных на них критериев и методов прогнозирования, в том числе количественных; суммированию поисковых признаков, характерных для каждой формации; применению критериев прогнозирования для оценки отдельных регионов; обсуждению вопросов о формационной принадлежности месторождений.

На заседании были сформулированы важные для прогнозирования научные положения применительно к каждой из рассматриваемых формаций.

Прогнозирование месторождений железо-скарновой
формации

На долю месторождений железо-скарновой формации приходится около 17% добычи железа по Союзу. Наряду с железом из руд этих месторождений попутно извлекают серу, кобальт, медь, цинк, свинец и др.

Главными районами распространения месторождений железо-скарновой формации в пределах СССР являются Урал, Тургайский про-

гиб, центральная часть Алтае-Саянской складчатой области, в меньшей степени территория Центрального Казахстана.

Месторождения железо-скарновой формации подразделяются на отдельные группы на основании более частных признаков: структурно-морфологических особенностей рудных тел, парагенезисов характерных скарновых минералов и др.

А. Н. Овчинников (1960), например, выделяет среди "контактно-метасоматических" (скарновых) месторождений пластовые залежи в слоистых осадочно-вулканогенных толщах, месторождения непосредственного контакта интрузивов с известняками или реже с другими породами, месторождения, связанные с ксенолитами пород кровли в интрузивном массиве и залежи в тектонических зонах.

К наиболее важным региональным закономерностям размещения месторождений железо-скарновой формации, на которых могут основываться критерии их прогнозирования, относятся следующие:

1. Главнейшие провинции с железо-скарновыми месторождениями приурочены к крупным троговым грабен-синклинальным прогибам — эвгеосинклинальным зонам. В пределах Тургайской провинции формирование троговых зон происходило в течение инверсионного этапа развития геосинклинали по типу интра-геосинклинальных прогибов II генерации (В. С. Домарев, О. К. Ксенофонов, А. Н. Успенский). Масштабы этих структур могут быть разными. В Тургайском прогибе, например, грабен-синклинальная зона прослеживается в северо-восточном направлении на расстоянии до 1000 км при ширине от 40 до 60 км. С запада и востока она ограничена региональными глубинными разломами. Характерной особенностью Тургайского метасинклинория является заложение и развитие его на месте консолидированных каледонских структур (казахстанид).

2. Устанавливается прямая взаимосвязь между пространственным размещением месторождений и особенностями глубинного строения блоков: железо-скарновые месторождения сосредоточены в тех участках троговых зон, где их основанием являются блоки с повышенной мощностью "базальтового" слоя и сокращенным гранитным слоем. Обычно эти блоки фиксируются

региональными положительными гравитационными полями и характеризуются эвгеосинклинальным типом развития.

3. Железо-скарновые месторождения приурочены к областям интенсивного проявления вулканической деятельности и максимальной мощности (до 3-5 км) вулканогенных пород основного-среднего состава, представленных главным образом андезитовыми, андезито-базальтовыми порфиритами и их туфами в сочетании с карбонатно-терригенными отложениями. При этом устанавливается тесная связь проявлений вулканизма и интрузивного магматизма с образованием в ряде районов характерных вулканоплутонических ассоциаций.

На территории Тургайского прогиба, например, выделяется андезито-диоритовая (валерьяновская) вулканоплутоническая ассоциация визе-намюра, представленная: а) эффузивно-пирокластическим комплексом преимущественно андезитового и андезит-базальтового состава; б) субвулканическим комплексом, сложенным межпластовыми залежами, силлами, некками, дайками, образовавшимися параллельно с накоплением вулканогенного материала (корни излияний лав) и по составу соответствующими диабазовым и диоритовым порфиритам; в) интрузивным комплексом, сложенным штокообразной формы телами, редко превышающими в плане 10-30 кв.км и залегающими, как правило, среди близких им по составу вулканических пород.

4. Среди интрузивных пород преимущественным распространением пользуются гранитоиды габбро-диорит-гранодиоритовой формации (Тургай, Алтае-Саянская складчатая область, Урал), менее развиты гранитоиды габбро-монзонит-граносиенитовой формации (Урал).

Роль интрузивного магматизма при формировании железо-скарновых месторождений в различных регионах оценивается исследователями по-разному. Если для Урала зоны контактов интрузивов указанных выше формаций с карбонатно-вулканогенными образованиями имеют первостепенное значение (Я.П.Баклаев), то для других регионов, в частности Тургай, столь четкой связи с интрузивным магматизмом не наблюдается. Например, вблизи крупнейшего Качарского месторождения интрузивных массивов не обнаружено. Вместе с тем именно в таких регионах особенно отчетливо

проявляется приуроченность скарново-магнетитовых месторождений к полям широкого развития вулканических аппаратов (Качарское месторождение).

5. Одним из главнейших факторов, определяющих размещение рудных полей железо-скарновых месторождений, является состав контактирующих с интрузиями вулканогенно-осадочных толщ. Для образования месторождений благоприятны зоны сочетания прибрежно-морских осадков: известняков, известковистых туффитов, туффопесчаников с туфами и лавами андезито-базальтового и базальтового состава. В рудных полях главной железорудной полосы Тургай наблюдается отчетливая приуроченность магнетитового оруденения к зонам фациальной смены известняков туффитами и туфами (А.И.Москаленко, Т.Е.Баяндаров).

6. Важная роль принадлежит также структурно-тектоническим факторам контроля. В ряде случаев отчетливо установлена приуроченность интрузий и связанного с ними скарново-магнетитового оруденения к зонам пересечения крупных региональных разломов. По Я.П.Баклаеву, наиболее благоприятными для образования рудных полей контактово-метасоматических месторождений в пределах рудных поясов Урала являются места пересечений структур общеуральского плана с более древними широтными и субширотными структурами.

7. В пределах отдельных рудных полей железо-скарновых месторождений большую роль играют дорудные разрывные нарушения, определяющие форму, размеры и размещение рудных тел. Главными структурными факторами контроля являются при этом пологие трещины отрыва в стратифицированных межформационных и внутриформационных контактах и крутопадающие разрывные нарушения, которые довольно часто фиксируются в рудных полях, приуроченных к брахисинклинальным структурам и флексурным зонам.

Симметричное расположение трещин отрыва, возникающих около формирующихся интрузивов, обуславливает нередко симметричное расположение рудных залежей, примеры чего известны на Урале и в Тургайском прогибе. При этом выделяются четыре типа рудных полей: в сводовых частях брахиантиклинальных складок, во флексурных зонах, в периклинальных оконча-

ниях брахисинклиналей и дислоцированных участках пород кровли над продуктивными интрузивами (Я.П.Баклаев).

8. В пределах железо-скарновых месторождений постоянно наблюдаются зоны осветленных альбитизированных и скаполитизированных пород. При альбитизации вмещающих пород образуются крупные ореолы, во много раз превышающие объем самих месторождений. Степень изменения пород различна: вплоть до образования по диоритам кварцевых альбититов, полностью лишенных цветных минералов.

Расчеты показывают (Обчинников, 1960 и др.), что количество железа, освободившегося из этих пород, достаточно для образования месторождений с запасами магнетитовых руд, во много раз превышающими подсчитанные для этих месторождений.

9. Наряду с перечисленными выше в ряде случаев отчетливо проявляется влияние других факторов контроля оруденения: в частности стратиграфического, выражающегося в приуроченности месторождений к вулканогенно-осадочным образованиям определенных свит или комплексов (например, валерьяновская свита в Тургае) при отсутствии месторождений в ниже- и вышележащих толщах.

10. В отдельных случаях первостепенное значение имеет региональная зональность, проявляющаяся в смене в определенной последовательности окolorудных метасоматических пород различного состава в пределах отдельных регионов, а также локально выраженное зональное строение в масштабе рудных полей, фиксирующееся по мере удаления от контакта с интрузивом сменой магнетитовой минерализации халькопиритовой и далее галенит-сфалеритовой (Fe, Cu, Pb, Zn).

11. Для локального прогнозирования, имеющего значение на стадии детальной и эксплуатационной разведки, целесообразно использовать также критерии корреляционной связи и устойчивости внутреннего строения рудных залежей. Н.И.Руденко на примере месторождений Тургайского прогиба (Соколовского, Сарбайского, Алешкинского, Качарского и др.) показал, что с помощью метода геолого-технических разрезов можно без эксплуатационной разведки с приемлемой точностью прогнозировать пространственное положение, количество и качество различных

промышленных сортов руд на горизонтах, расположенных ниже обрабатываемых.

Критерий зональности выражается в закономерной смене метасоматических зон одинакового состава по мере прослеживания сверху вниз рудной залежи: зона безрудных или слабооруденелых скаполитовых метасоматитов с вкрапленными или прожилково-вкрапленными магнетитовыми рудами сменяется зоной пироксен-скаполитовых метасоматитов с вкрапленными и сплошными магнетитовыми рудами и далее зоной гранатовых или пироксен-гранатовых скарнов со сплошными магнетитовыми или пирит-магнетитовыми рудами.

12. Интересным представляется также отметить некоторые структурно-геометрические критерии, в частности введенное Г.М. Тетеревым (1966) понятие "шаг", выражающее закономерное расстояние между месторождениями в меридиональном и широтном направлениях, а именно: крупные рудные узлы располагаются при этом в меридиональном направлении через 40-50 км, средние через 20-22 км, малкие через 10-11 км. По ширине размерность шага составляет 15 и 35 км.

13. В качестве признака, указывающего на возможность выявления мощных залежей богатых руд на более глубоких горизонтах, может рассматриваться наличие зон прожилково-вкрапленного магнетитового оруденения на верхних горизонтах, что имеет место в ряде месторождений железорудной полосы Тургай (А.И. Москаленко).

14. Оценивая перспективы обнаружения месторождений железоскарновой формации на территории СССР, необходимо отметить, что наиболее крупные месторождения Урала в основном уже обработаны, известные месторождения Алтае-Саянской складчатой области и Центрального Казахстана не имеют больших запасов. Эксплуатация железоскарновых месторождений Тургайской провинции, представляющей крупнейшую в СССР железорудную провинцию, только еще начинается: из 22 промышленных месторождений разрабатываются пока два.

Первоочередного внимания в отношении прогнозирования и поисков новых месторождений заслуживает главная железорудная полоса Тургайского прогиба - северная часть Валерьяновской

троговой зоны, где геологическая и структурная обстановки весьма благоприятны для локализации месторождений и это определяет необходимость усиленного проведения здесь комплекса геологоразведочных работ.

15. Учитывая установленные закономерности, необходимо продолжить поиски новых месторождений в пределах восточного склона Урала, где в настоящее время намечается восемь поясов железо-скарновых месторождений. Как перспективные в первую очередь заслуживают внимания участки пересечений глубинных разломов с намечающимися субширотными структурами (Я.П.Баклаев).

16. В ближайшем десятилетии баланс запасов и добыча же - лезных руд железо-скарновых месторождений по Союзу останется приблизительно на том же уровне, что и в настоящее время, главным образом за счет того, что эксплуатация железорудной провинции Тургай только начата.

17. Следует также обратить внимание на необходимость комплексного изучения и оценки районов распространения месторождений железо-скарновой формации, включающих наряду с железом также медь, полиметаллы, кобальт, в первую очередь при изучении Тургайской железорудной провинции.

18. Из приведенного краткого сопоставления видно, что, обладая многими общими особенностями, месторождения железо-скарновой формации Урала и Тургай отличаются, в первую очередь, по характеру связи с магматическими породами, что, возможно, является следствием различной глубины формирования оруденения, по роли разрывной тектоники и др. Все это важно иметь в виду при оценке как вышеуказанных, так и других железорудных провинций.

Прогнозирование месторождений медно-порфировой формации

Молибденово-медные месторождения прожилково-вкрапленных руд по геологическим условиям образования и вещественно-структурным особенностям отчетливо подразделяются на несколько групп, которые с полным основанием можно рассматривать в ранге

самостоятельных рудных формаций.

Из анализа накопленных к настоящему времени материалов следует, что эти месторождения проявляются в истории развития геосинклинально-складчатых областей неоднократно и могут формироваться как в собственно геосинклинальный, так и в орогенный этап развития подвижных зон, а также возникать в связи с процессами тектоно-магматической активизации. Различные по геологическим условиям образования молибденово-медные месторождения отличаются вместе с тем по особенностям состава руд и гидротермально измененных пород, специфике магматизма, геолого-структурной позиции, закономерностям размещения, взаимосвязи с родственными формациями, а также по своей промышленной значимости и другим признакам. В связи с этим при разработке вопросов прогнозирования следует иметь в виду неоднородность месторождений этой формации (или группы формаций) и целесообразность выделения среди них следующих типов месторождений:

I - медно-порфировые пропиловитовые, формирующиеся в начальные и ранние этапы собственно геосинклинальной стадии развития складчатых областей (месторождения Бониккуль в Северном Казахстане, Салаватское, Вознесенское, Биргильдинское на Южном Урале и др.);

II - медно-порфировые аргиллит-биотит-калишпатовые месторождения, формирующиеся в орогенные этапы геосинклинального развития и в связи с процессами тектоно-магматической активизации (месторождение Кальмакыр в Средней Азии, месторождения юго-западных штатов США, Монголии - Эрднетуин Обо, Цаган-Субарга и др.);

III - медно-порфировые аргиллит-вторично-кварцитовые, формирующиеся в позднеорогенные этапы (месторождения Коунрад, Борлы, Карабас в Казахстане);

IV - медно-порфировые вторично-кварцитовые, формирующиеся также в позднеорогенный этап.

Из перечисленных формационных типов объектами рассмотрения в тезисах и докладах настоящего совещания явились месторождения II и III типов. Наряду с медно-порфировыми предметом обсуждения на совещании были также молибденово-медные скарновые месторождения - на примере Саянского рудного района (В.И.Фомичев и др.), а

также медно-молибденовые месторождения переходного типа, совмещившие в себе черты как собственно молибденовой, так и медно-порфировой формаций — месторождения Дастакартского типа (Р.Г.Шагинян).

Рассмотренные ниже закономерности размещения медно-порфирового оруденения относятся в первую очередь к месторождениям II и III типов, представляющих наиболее распространенные, промышленно важные и хорошо изученные объекты. Некоторые из отмеченных закономерностей характерны для всей группы медно-порфировых месторождений в целом.

1. Медно-порфировые месторождения приурочены к интрузивно-вулканогенным поясам, что подтверждается на примере практически всех известных районов с месторождениями этого типа.

Региональные интрузивно-вулканогенные пояса, соответствующие в металлогеническом отношении рудным поясам с характерной для них разнообразной минерализацией, относятся к типу наложенных структур, сформировавшихся на гетерогенном складчатом основании. В Центральном Казахстане, например, структурная неоднородность фундамента, имеющего блоковое строение, оказывает определяющее влияние на проявления орогенного магматизма в отдельных рудных районах, их металлогеническую специализацию и, как следствие этого, на размещение медно-порфировых месторождений (Ю.П.Рождественский).

2. В областях проявления орогенного магматизма рудные районы с молибденово-медной минерализацией контролируются блоками фундамента с эвгеосинклинальным или близким к нему типом формационного развития (большинство месторождений Казахстана, месторождения юго-западных штатов США и др.), а также блоками ранней консолидации "фемического" типа, в пределах которых широко распространены амфиболовые и амфибол-биотитовые гнейсы, полевшпат-биотитовые, хлоритовые сланцы, амфиболиты, диабазы.

3. По данным региональных геофизических исследований, блоки, контролирующие размещение медно-порфировых месторождений, обладают повышенной мощностью базальтового слоя при сокращенной мощности гранитного слоя и фиксируются региональными относительно положительными или переходными гравитационными полями.

4. Основываясь на результатах региональных геофизических исследований, анализе формационных рядов, слагающих блоки пород, и других данных, следует считать, что блоки, контролирующие размещение медно-порфировых месторождений на территории Центрального Казахстана, представляли собой в доорогенные этапы краевые части крупных эвгеосинклиналей, ограниченных глыбами ранней консолидации (например, Медный Коунрад, Борлы, Каскырказган и др.).

5. Приуроченность к промежуточным по типу строения участкам земной коры, расположенным в краевых частях эвгеосинклинальных трогов, в обрамлении срединных массивов (в их внешних или внутренних краевых частях) либо в пределах геосинклинальных поднятий, определяет типовую структурную позицию рудных регионов с медно-порфировой минерализацией.

6. В рудных районах закономерности пространственного размещения медно-молибденового оруденения определяются факторами структурного и магматического контроля. Размещение наиболее перспективных рудных зон контролируется краевыми глубинными разломами первого порядка, ограничивающими крупные блоки. Для Центрального Казахстана, например, приуроченность рудных зон с медно-порфировой минерализацией к глубинным разломам рассматривается как один из наиболее важных факторов прогнозирования. Медно-порфировые месторождения Северного Прибалхашья — Коунрад, Кенькудук, Каскырказган и др. — располагаются, по Б.С.Зейлику, в однотипной структурной обстановке: в узлах пересечения и сочленения региональных разломов, отмеченных резкими гравитационными ступенями.

7. В пределах рудных зон важное значение для локализации медно-порфирового оруденения имеют структуры поднятий, обособившиеся на ранних стадиях развития геосинклинально-складчатых областей или унаследованные от предшествующего периода их развития.

8. Повсеместно наблюдается приуроченность медно-порфировых месторождений к полям развития интрузий габбро-диорит-гранодиоритовой, габбро-сиенит-диорит-гранодиоритовой формаций и пространственная связь их с малыми телами, представляющими последние дифференциаты гетерогенной гранитоидной магмы. Широкое

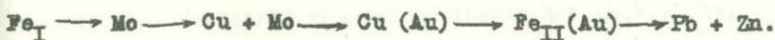
распространение гетерогенных гранитоидов указанных выше формаций при резко подчиненном значении кислых и ультракислых гранитов является характерной особенностью проявления орогенного магматизма в районах с молибденово-медной минерализацией.

9. Устанавливается также приуроченность наиболее крупных ореолов гетерогенных гранитоидов к тем блокам или отдельным их участкам, где редуцированно проявлен орогенный вулканизм. Эффузивные и пирокластические породы орогенного ряда формаций в этих блоках характеризуются сокращенной мощностью, имеют ограниченное распространение или вообще отсутствуют при резком преобладании среди них пород андезитового состава (например, Токрауский блок в Северном Прибалхашье, Среднегорская зона Болгарии, месторождения Филиппин и др.).

10. На примере некоторых регионов, в частности Алмалыкского в Средней Азии (И.М. Голованов, А.Т. Рахубенков), установлено, что на флангах медно-порфировых месторождений в ряде случаев проявляются широкие ореолы золотосодержащих пирит-кварцевых жил и прожилков, окружающих кондиционные медно-порфировые руды. Эту особенность можно использовать как благоприятный признак для поисков медно-порфирового оруденения на глубине. Ореолы концентрации золота и серебра образуют более широкий контур, и их верхняя граница располагается выше ореолов меди.

В благоприятной геолого-структурной обстановке прогнозирование прожилково-вкрапленных медно-молибденово-золотых с серебром руд медно-порфировой формации можно производить по эндогенным ореолам золота, серебра, меди.

11. Наряду с перечисленными следует учитывать и другие критерии прогнозирования, основанные на выдержанности зональности оруденения, проявляющейся в пределах рудных тел, месторождений, рудных полей и выражающейся в последовательной смене такого ряда элементов (или заключающих их минералов):



12. Каждая из отмеченных выше групп медно-порфировых месторождений характеризуется своими особенностями околорудных

изменений вмещающих пород и зональностью в распределении минеральных фаций метасоматитов.

13. Оценивая состояние изученности медно-порфировых месторождений в целом, необходимо отметить, что одной из главных задач на настоящем этапе исследований является разработка их классификации для возможности дифференцированного подхода к прогнозированию каждого из выделенных типов.

14. Оценку перспектив территории Союза на медно-порфировое оруденение на ближайшие годы следует проводить в трех аспектах:

а) расширение перспектив уже известных районов с медно-порфировыми месторождениями — Центрального Казахстана, Алмалыкского района в Средней Азии и Юго-Восточной Армении;

б) переоценка известных районов с бедным молибденово-медным штокверковым оруденением как уже выявленных (Урал, Северная Армения, Северный Кавказ, Камчатка), так и новых;

в) выдвижение и оценка новых районов, по геологическим предпосылкам благоприятных для поисков этого оруденения, в первую очередь Приморья, Западного и Восточного Саяна, Охотско-Чукотского вулканогенного пояса и др.

Принимая во внимание изложенные соображения, необходимо отметить, что удельный вес месторождений рассматриваемой формации в общем балансе запасов и добычи меди по Союзу в ближайшие годы сохранится, видимо, на том же уровне, т.е. не превысит 20-25%, с главным упором на уже известные районы. По мнению некоторых участников совещания (Г.М.Сластужинский, ВИЭМС), роль этих месторождений в будущем значительно возрастет.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭНДОГЕННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ,
СВЯЗАННЫХ С ФОРМАЦИЯМИ КИСЛЫХ И УЛЬТРАКИСЛЫХ
ПОРОД

(Итоги работы группы № 4)

В рабочем заседании группы № 4 (председатель В.К.Денисенко) приняли участие свыше 80 специалистов из различных геологических организаций. С докладами и сообщениями выступили В.В.Акимов (Кармазарская ГСП), С.М.Бескин (ИМГРЭ), Б.И.Бурдэ (ДВИМС), И.В.Давиденко (Кольский филиал АН СССР), А.А.Духовский (ВСЕГЕИ), Н.П.Заболотная (ВИМС), А.И.Кулагашев (ЗабНИИ), В.С.Малых (ВСНИИГТИМС), А.Г.Малышев (ВНИИСИМС), Н.Н.Никулин (ДВИМС), О.Г.Эпов (Янская ГРЭ, ЯТГУ). Доклады и выступления касались в основном двух аспектов прогнозирования современного состояния проблемы разработки оснoв научного прогноза полезных ископаемых, связанных с формациями кислых и ультракислых пород, и путей дальнейшего направления исследований. Результаты состоявшейся дискуссии по некоторым вопросам могут быть резюмированы следующим образом:

1. В настоящее время в качестве основы мелкомаштабного прогнозирования большинство исследователей использует геолого-тектонический формационный анализ территорий. Основной используемый при этом методический подход заключается в выявлении и изучении факторов контроля на различных уровнях (геохимическом, минералогическом, формационном) с последующей оценкой перспективности территорий методом аналогий. Значимость факторов при этом в большинстве случаев определяется в соответствии с опытом исследователя.

Переход от качественного прогноза к количественной оценке рудоконтролирующих факторов, благоприятных признаков и т.п. и далее к прогнозированию территорий на количественной основе является первоочередной задачей ближайших лет (Б.И.Бурдэ, В.В.Акимов и др.).

2. Основными региональными факторами контроля для рассматриваемого типа минерализации являются следующие:

а) единый возрастной диапазон максимального распространения месторождений характеризуемых типов: конец палеозоя -

мезозой. При этом чаще всего в случае развития в пределах конкретного региона разновозрастного оруденения максимальные промышленные концентрации последнего возникают в наиболее молодую эпоху;

б) становление рудоносных интрузивных и вулканогенных формаций в связи с поздними и конечными этапами развития складчатых областей, либо в связи с процессами тектоно-магматической активизации щитов, платформ, срединных массивов и зон ранее завершенной складчатости. Устанавливается длительный перерыв между периодом проявления гранитов и связанной с ними минерализации и временем завершения геосинклинальной стадии развития складчатой области;

в) локализация месторождений в пределах общих металлогенических поясов и зон. Последние обнаруживают четкую приуроченность к областям сочленения структур с различной историей развития, определившей их различную мобильность: разнотипных прогибов (геосинклинальных, пригеосинклинальных, передовых и др.) и поднятий (геоантиклинальных, срединных массивов, щитов и др.). При этом рудные поля локализуются как в пределах активизированной части поднятий, так и в сопредельных зонах прогибов;

г) закономерная смена типов месторождений, принадлежащих различным формациям, при переходе из областей поднятий в зоны прогибов.

Так, применительно к редкометальному оруденению в указанном направлении устанавливается смена пегматитовых месторождений грейзеновыми и апогранитовыми, а затем силикатно- и сульфидно-касситеритовыми или вольфрамитовыми с комплексом элементов Sn, W, Cu, Pb, Zn, В и др. Аналогичные изменения — возрастание роли сульфидов и силикатов железа, появление сурьмы и ртути при переходе из поднятий в прогибы характерны для флюоритовых месторождений. В указанном направлении наблюдается смена флюоритоносных пегматитов грейзеновыми флюоритовыми, затем гидротермальными средне- и низкотемпературными флюоритовыми месторождениями (Я.П.Самсонов).

В соответствии со сказанным находится и размещение хрусталеносной минерализации (Я.Н.Соколов). В данном случае в том же направлении от поднятий к прогибам устанавливается смещение вы-

соко- и среднетемпературных месторождений метасоматического типа (скарново-кварцевые, полевошпатово-кварцевые, грейзено-кварцевые и др.) средне- и низкотемпературными месторождениями гидротермально-метасоматического типа (кварцево-флюоритовые, кварц-карбонат-флюоритовые и др. (Я.Н.Соколов).

Сходная смена формаций и месторождений различных типов отмечается и во времени от относительно ранних к более поздним. Перечисленные явления определяют зональность оруденения, направленность которой сохраняется как для крупных металлургических единиц (рудный пояс), так и для более мелких (рудное поле).

Рассмотренные выше главнейшие региональные критерии прогноза, определяющие размещение рудоносных зон с редкометальной, флюоритовой и хрусталеносной минерализацией, являются общими для всех указанных типов оруденения. В то же время локальные факторы контроля распространяются только на минерализацию одного типа и не приложимы к оценке рудоносности площадей на другие типы месторождений.

Общность региональных критериев прогнозирования и специфичность локальных указывает на необходимость учета при разработке основ научного прогноза месторождений полезных ископаемых определенной соизмеримости объекта исследования (рудное тело, месторождение, рудная зона и т.д.) и масштаба устанавливаемых закономерностей размещения. Чем более региональный характер носит закономерность, тем к более широкому кругу минеральных образований она оказывается приложимой.

3. Наряду с отмеченными закономерностями в последние годы при металлогенических исследованиях и работах по прогнозированию редкометальных месторождений все большее внимание исследователей привлекает и ряд новых факторов контроля. Так, по мнению М.А.Фаворской, И.Н.Томсона и др., важную роль в локализации разнотипного оруденения, связанного с формациями кислых и ультракислых пород, играют рудоконцентрирующие сквозные структуры, представляющие собой долгоживущие зоны разломов фундамента, располагающиеся независимо по отношению к структурно-формационным зонам земной коры. Анализ различных регионов Союза с целью выявления подобных структур в их преде-

лах является одним из возможных направлений дальнейших исследований по мелкомасштабному прогнозированию оруденения.

4. Все более выясняется ведущая роль кольцевых магмо- и рудоконтролирующих структур или так называемых сводовых и купольных поднятий (Б.С.Зейлик и др., И.Н.Томсон, М.А.Фаворская, Д.В.Рундквист, В.К.Денисенко). Указанные структуры имеют наложенный характер по отношению к различным структурно-формационным зонам и характеризуются зональным размещением оруденения в их пределах. Обычно выделяются несколько порядков таких структур — от масштабов, сопоставимых с размером рудных поясов и зон, до масштабов рудных узлов и полей. Подобные структуры выявлены и наиболее детально изучены в пределах Центрального Казахстана, Восточного Забайкалья, Дальнего Востока и Северо-Востока СССР.

Признание важной роли для целей прогнозирования кольцевых магмо- и рудоконтролирующих структур выдвигает в качестве первоочередной задачу разработки методики выявления таких структур, а также дальнейшего выяснения особенностей их строения и закономерностей размещения оруденения в их пределах в зависимости от места и времени проявления.

5. Из признания постороженного, наложенного характера развития оруденения данной группы вытекает также необходимость дальнейшего изучения влияния на особенности состава и размещение оруденения гетерогенного, блокового строения территорий (А.А.Духовский, И.Н.Томсон, М.Ф.Фаворская, Б.С.Зейлик, А.Б.Иванов, Д.В.Рундквист, В.К.Денисенко). В настоящее время подобные исследования наиболее полно проведены в районах Казахстана и Забайкалья. На их примере выявлено существование четкой зависимости особенностей проявления магматизма и его металлогенической специализации от истории развития отдельного блока пород. Анализ блоковой тектоники имеет наиболее важное значение для среднemasштабного прогнозирования. Именно с этих позиций следует, по-видимому, подходить к выделению и оценке перспектив отдельных рудных районов, вопросы прогнозирования которых в настоящее время наименее разработаны.

6. Применительно к рассматриваемым типам оруденения, формирующимся на гипабиссальных и субвулканических уровнях глубинно-

ств, важное значение имеет также выяснение условий сохранения месторождений, т.е. благоприятного уровня эрозионного среза и степени метаморфизма (Д.В.Рундквист, В.К.Денисенко). Разработка этого фактора в масштабе рудных поясов, зон или отдельных их частей представляется весьма важной для целей прогнозирования.

7. Одной из первоочередных задач средне- и мелкомасштабного прогнозирования является также решение вопроса о принципах выделения и систематики рудных формаций (С.Ф.Лугов, Э.А.Ефременко, О.П.Иванов, Н.П.Засолотная и др.). Существующие в настоящее время классификации не снимают этот вопрос с повестки дня.

8. В связи с поставленной перед геологической службой СССР задачей долгосрочной оценки перспектив территории на полезные ископаемые в применении к рассматриваемой группе месторождений вольфрама, молибдена, олова, горного хрусталя, флюорита и редких металлов представляется, что в ближайшие 20-30 лет среди известных рудных регионов выделятся две группы:

а) регионы, рудоносность которых в целом установлена и где могут быть выявлены месторождения известных типов и соответствующих параметров. Это Дальний Восток, Забайкалье, Бурятия, Казахстан, Средняя Азия, Украина;

б) регионы, перспективы рудоносности которых на рассматриваемые типы к настоящему времени выяснены в меньшей мере. Поиск их может выявить новые рудные районы, проявление оруденения в которых связано с процессами тектоно-магматической активизации. Это Карело-Кольский регион, Караякия, Белоруссия, Алдан, Байкальская горная область?

Касаясь вопроса о ведущих промышленных типах оруденения, участники заседания подчеркивали, что к 2000 г., по-видимому, можно предполагать выявление крупных промышленных объектов относительно "новых" рудных формаций и генетических типов, установленных в последние годы в Союзе и за рубежом. Среди редкометалльных к таким объектам в первую очередь следует отнести берtrandит-фенакит-флюоритовые метасоматиты.

Среди оловорудных месторождений ведущим типом крупных промышленных объектов являются, как известно, месторождения сили-

катно- и сульфидно-касситеритовой формации. Есть основания предполагать выявление промышленных, скарново-грейзеновых месторождений стратиформного типа.

К числу возможных промышленных типов вольфрамовых месторождений, помимо известных в настоящее время кварц-вольфрамитовых и скарново-шеелитовых, следует отнести штокверковые месторождения с бедными рудами и среднетемпературные месторождения вольфрама, такие, как антимонит-ферберитовые и другие.

Наконец, следует подчеркнуть также возможность выявления новых промышленных типов редкометального оруденения, связанного с субинтрузивными и эффузивными комагматами гранитных интрузий.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭНДОГЕННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМАЦИОННЫХ ТИПОВ (Итоги работы группы № 5)

На заседании рабочей группы № 5 (председатели В.И.Бергер и Н.И.Бородаевский) были обсуждены вопросы регионального и локального прогнозирования месторождений различных формационных типов - золота, сурьмы, ртути. На заседании присутствовали 62 человека из 33 геологических организаций. С докладами выступили И.А.Айзенштадт, П.М.Анкудович, Л.Д.Мельниченко и М.Д. Увадьев (Спец.ГРЭ МГ УзССР), О.К.Ксенофонтов (ЛГУ), и Е.П. Леонова (ЛГПИ), А.Е.Антонов (Спец.ГРЭ МГ УзССР); И.М.Адельсон (Балейская ГРЭ МЦМ), М.И.Воин (ЦНИГРИ), Д.П.Жикин, А.Г. Малтизов и И.И.Тютрин (Сахалинское ТГУ), А.А.Оболенский (ИГТ СО АН СССР), Н.А.Никифоров (ТашПИ), В.И.Кусевич, Г.А.Ярушевский (Упр.геол.при СМ КиргССР), В.П.Теплов (Закарпатская ГРЭ МГ УССР) и Ю.А.Лейе (ИМР); В.И.Бергер (ВСЕГЕИ).

Прогнозирование месторождений золоторудных формаций

Месторождения золота отличаются исключительным разнообразием как формационных типов, так и геологических условий их размещения. Образование их происходило в разных геотектонических зонах, на разных стадиях развития подвижных поясов, платформ, в областях тектоно-магматической активизации и в поясах орогенного вулканизма. Месторождения золота формировались в широком возрастном диапазоне — от архея до кайнозоя.

В докладах и выступлениях основное внимание было уделено близповерхностным месторождениям вулканогенных поясов, представленным банандевыми скоплениями богатых руд, и "большеемъемными" (по В.Т.Матвеевко) месторождениям типа штокверковых и минерализованных зон.

1. Близповерхностные золото-серебряные месторождения, наряду с традиционными районами распространения в молодых вулканогенных поясах Востока СССР, в последние годы открыты и в зонах позднеорогенного вулканизма герцинских складчатых сооружений Казахстана и Средней Азии. Месторождения кайнозойских, мезозойских и палеозойских поясов обнаруживают значительное сходство по геохимическим ассоциациям рудогенных элементов, минеральным парагенезисам руд и околорудных измененных пород, связям с определенными вулканическими образованиями. Этот факт ставит под сомнение тезис о гомологичности молодых эпитермальных и палеозойских мезотермальных месторождений золота. Близповерхностное золото-серебряное оруденение характерно для разновозрастных вулканогенных поясов фанерозоя. Возрастание интенсивности оруденения от палеозоя к кайнозю обусловлено не только эволюцией рудообразования во времени, но и разной степенью эродированности разновозрастных структур. При этом в относительно слабо эродированных блоках палеозойских вулканогенных поясов может сохраниться значительное оруденение. Таким образом, возрастной критерий при сравнительной оценке зон, перспективных на этот тип месторождений, должен применяться с осторожностью; особое значение приобретает "прецизионный" анализ эрозионного среза.

2. Золото-серебряное оруденение приповерхностного типа распространено в поздне- и посторогенных (связанных с активизацией) областях сводово-глыбовых дислокаций. Наиболее интенсивно оно проявляется в локальных вулкано-тектонических наложенных впадинах линейного и центрального (часто кольцевого) типа. Приуроченность месторождений к локальным вулканическим грабам, вулканическим депрессиям определяется не только условиями рудоконцентрации, но и благоприятными возможностями последующего сохранения месторождений при эрозии вулканических построек.

Для локальных рудоносных вулканических структур, проявляющихся на фоне развития полнодифференцированных андезитовых серий или контрастной базальт-диаритовой формации, характерно четкое обособление предрудного вулканического ритма гомодромной направленности.

3. Золото-серебряная минерализация вулканогенных поясов обычно завершает процесс формирования золоторудных месторождений данного тектоно-магматического цикла. Она проявляется, как правило, унаследованно в блоках (или на продолжении блоков) с более ранним мезотермальным золотым оруденением. При перекрестном плане структур геосинклинально-складчатого основания и вулканогенного пояса, например в Охотско-Чукотском поясе, это приводит к достаточно четкому обособлению площадей золото-серебряной минерализации.

4. Устанавливается связь золото-серебряных близповерхностных месторождений с глубинными разломами, прослеживаемыми в складчатом основании вулканогенных поясов и часто сопровождающимися малыми интрузиями щелочных базальтоидов. Глубинные разломы отчетливо фиксируются геофизическими (по гравитационным ступеням) и морфометрическими методами. В верхнем структурном ярусе они выражены сериями нарушений, играющих рудоконтролирующую роль. В пределах локальных рудоносных вулканических структур нарушения располагаются на близких интервалах, определяя существование некоторой регулярности - шага в размещении месторождений (часто порядка 12-15 км).

5. Региональное прогнозирование площадей, перспективных на близповерхностное золото-серебряное оруденение, основывает-

ся на приведенных выше критериях. Более детальное прогнозирование базируется на проведении палеоструктурного и палеовулканологического анализа, изучении узлов разрывной тектоники с применением структурной геометрии, полей гидротермально измененных пород с выделением среди пропилитов продуктивных аргиллизитовых гидрослюдистых фаций, геохимических ореолов повышенных (или пониженных) концентраций как литогенных элементов (K, Na, Al, Si и др.), так и рудогенных элементов-индикаторов (As, Bi, Sb, Hg и др.).

6. Насущной задачей прогнозирования близповерхностного золото-серебряного оруденения является среднemasштабная (и более детальная) оценка перспективных площадей в областях с известной минерализацией: в Охотско-Чукотском и Восточно-Сихотэалинском вулканогенных поясах, зонах развития позднеорогенного вулканизма герцинских складчатых сооружений (Джунгаро-Балхашский пояс, Кураминская зона). Не получили еще достаточно четкой сравнительной оценки перспективы золото-серебряной минерализации кайнозойских вулканогенных и субвулканогенных зон Камчатки, Курил, Сахалина и др. Необходимой представляется ревизия на оруденение этого типа других палеозойских вулканогенных поясов (Алтае-Саянской области, Центрального Казахстана и др.), а также усиление исследований в этом направлении в областях мезозойской тектоно-магматической активизации (Становая складчатая область, Западное Забайкалье и др.).

7. В последние годы в СССР найдены и разведаны новые типы золотого оруденения как в пределах старых, так и вновь выявленных золоторудных провинций. Особое значение имеют месторождения типа кварцевых штокверков (Мурунтау), зон кварцевых жил и прожилков (Неждановское), зон сульфидной вкрапленности (Бакырчик, Кокпатас). Отдельные проявления золотой минерализации установлены в древнейших породах Русской и Сибирской платформ.

Эти месторождения проявляются в разных структурно-магматических условиях и характерны преимущественно для зон, сложенных зеленосланцевыми и терригенными толщами. Они относятся к разряду "большеобъемных" (по В.Т.Матвеевко) месторождений, отличающихся большими масштабами при относительно невысоких со-

держаниях золота. Месторождения такого рода, разрабатываемые открытым способом, могут явиться основой для создания долго-временных крупных золотодобывающих предприятий и являются, видимо, одним из наиболее перспективных для освоения в ближайшие десятилетия типов.

Одной из главных задач предстоящих исследований по прогнозированию является разработка специальных критериев прогноза "большееобъемных" месторождений, выяснение роли метаморфизма в их образовании, создание монографического описания наиболее значительных из этих месторождений. Особый интерес для выявления месторождений такого рода представляют полиметаморфические комплексы срединных массивов (Буреинского, Охотского, Омолонского и др.), Монголо-Охотской складчатой области и др.

Весьма актуальна задача выявления новых золотоносных провинций в пределах зеленокаменных серий древних щитов (типа Канадских, Западно-Австралийских) и прогнозирования месторождений, приуроченных к глубоко метаморфизованным протерозойским породам (типа крупного месторождения Хоумстейк) в докембрийских толщах основания Русской и Сибирской платформ. Перспективы последних подчеркиваются известными, но мало изученными проявлениями россыпной и коренной золотоносности в Оленекском, Анабарском районах и др.

Прогнозирование месторождений ртутно-сурьмяных формаций

1. Основным критерием регионального прогнозирования ртутного и сурьмяного оруденения до сего времени являются, наряду с прямыми признаками минерализации, глубинные разломы. При этом принимается, что оруденение связано с наиболее поздними тектоническими процессами, в большинстве случаев не древнее мезозоя. Однако имеются доказательства позднепалеозойского возраста ртутно-сурьмяного оруденения Тянь-Шаня (при проявлении и более поздней мезозойско-кайнозойской минерализации),

лоэвепалеозойского возраста ртутно-сурьмяного оруденения Прибайкалья, девонского возраста месторождений Тувы и т.д. Признание полихронности ртутного и сурьмяного оруденения делает недостаточно аргументированным региональный прогноз только на основе экстраполяции рудоносных зон вдоль глубинных разломов, так как при этом не учитывается связь минерализации разного возраста с разновременными структурно-формационными комплексами.

2. При прогнозировании и оценке месторождений ртути широко применяется формационный подход, основывающийся на выделенных В.А.Кузнецовым рудных формациях (собственно ртутных месторождений).

Потребность в конкретизации прогнозирования, переход к количественным перспективным оценкам уже на стадии регионального прогноза требует углубления, детализации формационного подхода, разработки дополнительных критериев формационной классификации ртутных и сурьмяных месторождений.

При выделении рудных формаций предлагается использовать вещественно-структурный подход, развиваемый во ВСЕГЕИ и предусматривающий индивидуализацию рудных формаций как устойчивых парагенезисов руд и горных пород, связанных общей структурой — зональностью.

3. Представляется рациональным выделение рудных формаций ртутных и сурьмяных месторождений как парагенезисов руд, выраженных через типоморфные рудные (и жильные) минералы, и гидротермальноизмененных пород, принадлежащих к соответствующим формациям (аргиллизитовой, оксеталитовой по Ю.В. Казинцину) или выраженных через традиционно устанавливаемый тип изменений (джаспероидизация, листовенитизация, опализация и т.д.).

В качестве примера выделяемых рудных формаций могут быть приведены: киноварно-флюорит-антимонитовая джаспероидная (карбонатно-джаспероидная), метациннабарит-киноварная опалитовая, метациннабарит-киноварная карбонатно-халцедон-аргиллизитовая и золото-антимонитовая кварцевая. Эти рудные формации в той или иной мере подверглись обсуждению.

4. Киноварно-флюорит-антимонитовая джаспероидная формация представлена крупнейшими сурьмяными месторождениями Средней

Азии (Кадамжай, Джимирут), Китая (Сигуаньшань и др.) и ртутными месторождениями — с переходом в карбонатную рудную формацию — в тех же провинциях (Хайдаркан, Чаувай и др.). Проявления этой формации приурочены преимущественно к кремнисто-терригенно-карбонатным формациям палеозойского возраста, слагающим геосинклинальные трюги или эпиплатформенные прогибы. Минерализация характеризуется стратифицированным распределением на двух-трех формационно-стратиграфических уровнях (для Тянь-Шаня S_2, D_2-C_2), проявляясь вблизи региональных разломов в существенно амгаматических зонах. Оруденение часто носит пластовый — стратиформный характер, концентрируясь в окварцованных кремнисто-карбонатных породах (джаспероидах) под экраном сланцев. Распространены также секущие рудные тела, обычно не выходящие за пределы "продуктивных" горизонтов. В Средней Азии и Прибайкалье установлен позднепалеозойский возраст месторождений (рудоконцентраций), отвечающий в первом случае орогенной стадии, во втором — этапу активизации. Формированию месторождений предшествовало слабое проявление гипабиссального щелочного магматизма. Рудная зональность выражена слабо. В масштабах металлогенических зон иногда намечаются латеральные переходы от проявлений джаспероидной киноварно-флюорит-антимонитовой формации к стратифицированной полиметаллической минерализации.

5. Исходя из особенностей распространения ртутного и сурьмяного оруденения киноварно-флюорит-антимонитовой джаспероидной формации, представляется возможным прогнозировать ее в ряде регионов на Востоке СССР:

а) карбонатный пояс южного обрамления Сибирской платформы (рифей и ранний кембрий) — от Енисейского края, через Восточный Саян в Северное Прибайкалье,

б) амгаматическая зона периплатформенного Сеттэ-Дабанского прогиба (включая Юдомо-Майский прогиб, Кыллахский выступ). В терригенно-кремнисто-карбонатных формациях рифея-раннего-среднего палеозоя имеются признаки флюорит-антимонитовой минерализации, проявляющейся в некотором удалении от стратифицированного полиметаллического оруденения. Эта площадь представляется одной из весьма перспективных для обнаружения сурьмяных месторождений китайского типа;

в) подобные перспективы, но в меньшей мере, вырисовываются для позднепротерозойско-раннекембрийских карбонатных прогибов Аргунского, Ханкайского, Буреинского массивов.

Возможности прогнозирования джаспероидной формации на перечисленных массивах существенно ограничены лишь фрагментарным распространением карбонатных "рудоносных" формаций, значительно эродированных и на значительных площадях прорванных палеозойскими и мезозойскими гранитоидами;

г) по-прежнему высокими остаются перспективы обнаружения значительных месторождений киновари и, возможно, антимонита джаспероидной и карбонатно-джаспероидной формаций в палеозойских карбонатных толщах (O-D) обрамления Колымского массива.

Перечисленные площади относительно слабо изучены или совсем не изучены на ртуть и сурьму.

6. Для других рудных формаций во многих крупных ртутно-рудных провинциях устанавливается пространственно-структурная и временная связь малоглубинной и приповерхностной ртутной минерализации с позднеорогенным вулканизмом. Особенно интенсивно промышленное ртутное оруденение развито в мезозойских и кайнозойских вулканогенных поясах и зонах Тихоокеанского и Средиземноморского подвижных поясов.

7. Линейные региональные ртутные аномалии прослеживаются вдоль вулканогенных зон и поясов на сотни километров, трассируя глубинные разломы, контролирующие распределение вулканистов. Крупные рудные районы размещаются на флангах и участках затухания вулканогенных зон по простиранию или на сочленении их разнонаправленных ветвей. Структурное положение таких "торцовых окончаний" вулканогенных зон определяется пересечением главных продольных магмоконтролирующих глубинных разломов поперечными линеаментами. Эти районы характеризуются редуцированным разрезом вулканогенного комплекса.

Для ртутноносных вулканогенных районов и зон характерно развитие дифференцированных по составу вулканогенных серий. Сложные кольцевые и линейные очаговые вулканические структуры с четкой гомодромной направленностью ритма прерудных вулканистов определяют локализацию некоторых рудных узлов (Ка-

леньмуваам на Чукотке, Кордеро-Опалит в Неваде и др.)».

8. Среди месторождений ртути вулканогенных районов выделяются три группы: подпокровные, внутривулканогенные и надпокровные, формирующиеся синхронно, но пространственно обычно разобщенные. Месторождения всех трех групп отличаются некоторыми общими чертами состава — типоморфным для руд является значительное развитие наряду с киноварью метациннабарита (иногда гвадалкацарита) и других метастабильных минералов — марказита, опала, халцедона и т.п. Среди подпокровных месторождений выделяются две формации: метациннабарит-киноварная карбонатно-халцедон-аргиллизитовая и метациннабарит-киноварная лиственитовая. Внутривулканогенные месторождения могут относиться к первой из названных или чаще к метациннабарит-киноварной вторично-кварцитовой (опалитовой) формации. Наконец, среди надпокровных месторождений выделяются опалитовая формация и метациннабарит-киноварная травертино-глинистая (в отложениях горячих источников, впадин вулканических озер). Перечисленные ртутные рудные формации со всей полнотой проявлены только в наиболее молодых кайнозойских вулканогенных зонах. В мезозойских и палеозойских зонах надпокровные месторождения, как правило, не сохраняются.

В некоторых вулканогенных зонах, развивающихся на блоках ранней консолидации (со значительной мощностью гранитно-метаморфического слоя коры), устанавливается латеральный ряд от метациннабарит-киноварных формаций к антимонитовой халцедон-аргиллизитовой и далее к золото-пираргиритовой халцедон-аргиллизитовой формации.

9. Наибольшее практическое значение в вулканогенных районах имеют месторождения метациннабарит-киноварных карбонатно-аргиллизитовой и лиственитовой формаций. Сочетание позднеорогенных вулканогенных покровов с карбонатно-терригенными формациями складчатого комплекса в мезогеосинклинальных зонах, при минимальном развитии или отсутствии гранитоидов, следует рассматривать как один из важнейших критериев прогнозирования площадей, перспективных на высокопродуктивные подпокровные ртутные месторождения.

10. На примере ряда ртутнорудных районов (Чаунского, Хуанкавелика, Кордеро-Опалит, Итомука и др.) установлено, что ло-

кализация оруденения под вулканогенным комплексом или внутри него часто в значительной мере определяется палеогидрогеологическим фактором. Оруденение концентрируется под высокопроницаемыми базальными конгломератами или горизонтами пирокластов (палеогидрогеологические водоносные горизонты). При отсутствии их минерализация "прорывается" в верхнюю часть разреза вулканогенного комплекса и отчасти рассеивается.

II. Перспективными на обнаружение ртутных месторождений вулканогенной группы рудных формаций могут быть следующие территории:

а) на "подпокровные" месторождения метациннабарит-киноварной карбонатно-аргиллизитовой формации - площади, сложенные позднепротерозойскими карбонатными породами восточного и южного флангов Юдомо-Майского прогиба в приграничной полосе их перекрытия вулканидами Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (тип месторождения Хуанкавелика);

б) на месторождения метациннабарит-киноварной листовитовой формации (тип Нью-Альмадена, Нью-Идри) - гипербазитовые пояса Корякии (где уже разведывается Тамватнейское месторождение), Восточной Камчатки, о. Карагинского, сходство которых с калифорнийской ртутоносной зоной неоднократно подчеркивалось. Не исчерпаны перспективы на этот тип Южно-Ферганской, Курайской, Чазахырской, Чарской зон. Требуют специального ревизионно-проспекторского обследования другие офиолитовые зоны с наложенным проявлением палеозойского и мезозойского позднеорогенного вулканизма;

в) имеются геологические предпосылки для открытия новых месторождений ртути карбонатно-аргиллизитовой формации в подпокровных структурах терригенных отложений геосинклинально-складчатого комплекса (тип месторождения Западно-Палянского) и на контактах субвулканических тел (тип месторождения Ред-Дэвл, Большого Шаяна) в Верхояно-Чукотской области, Корякии, Закарпатье (Вышковский район, участки Турица, Черноголово и другие на севере области) и других регионах.

12. С ртутными и сурьмяными проявлениями вулканогенных поясов связана ртутно-сурьмяно-вольфрамовая низкотемпературная минерализация, приуроченная к районам позднемезозойского

и кайнозойского полифазического вулканизма поздней и посторогенной стадий. Особенно она характерна для зон тектоно-магматической активизации (А.Д.Щеглов, В.А.Кузнецов). Месторождения этого типа известны в Восточном Забайкалье, на Кавказе и в ряде других регионов. Они образуют киноварно-антимонит-ферберитовую халцедон-аргиллизитовую рудную формацию и группируются в единичные линейные зоны с моно- и биметаллическими ртутными и сурьмяными, иногда золото-серебряными месторождениями, особенно в зоны с существенно сурьмяной минерализацией. В отличие от других типов низкотемпературной минерализации ртутно-сурьмяно-вольфрамовые месторождения локализуются почти исключительно в породах метаморфического и складчатого основания (преимущественно палеозойского и допалеозойского возраста), не переходя в молодые отложения наложенных впадин и вулканические покровы верхнего структурного этажа. Они концентрируются вблизи региональных разломов в крайних частях жестких консолидированных блоков, несущих более раннее вольфрамовое оруденение различных типов.

Киноварно-антимонито-ферберитовая формация закономерно проявляется в молодых металлогенических провинциях с четко выраженным редкометальным (вольфрамовым) профилем минерализации и интенсивным развитием позднего эпитермального оруденения.

Месторождения рассматриваемой формации несут существенные концентрации вольфрама, сурьмы, редко ртути. Перспективными для их выявления являются Агинская зона Восточного Забайкалья (где минерализация такого рода изучена недостаточно), Становая складчатая область, Западное Забайкалье и другие регионы Байкало-Охотской складчатой области мезозойской активизации. На продолжении Монголо-Охотских структур минерализация такого типа может быть выявлена в Монголии (А.А.Оболенский).¹

13. Золото-антимонитовые месторождения представляют собой один из важных промышленных типов сурьмяного оруденения (до 25-30% мировых запасов сурьмы). Они относятся к золото-антимонитовой кварцевой рудной формации, являющейся крайним поздним членом ряда золото-сульфидно-кварцевых формаций, в тесной связи с которыми она проявляется в пределах золоторудных поясов.

В СССР значение месторождений этого типа особенно возросло после открытия месторождения Сарылах в Якутии.

Проявления золото-антимонитового оруденения ассоциируются с поясами батолитового гранитоидного магматизма в геосинклинально-складчатых системах и обрамляющих их жестких структурах. Это оруденение располагается на флангах золоторудных полей и узлов, концентрируясь вдоль региональных глубинных нарушений.

14. Особые перспективы на золото-антимонитовые месторождения имеют золоторудные пояса и зоны Северо-Востока СССР (Яно-Колымский пояс, Кэпэрвеевская зона на Чукотке). В ряде регионов имеются месторождения такого типа (Енисейский край - Раздольнинское, Удереysкое; Центральный Казахстан - Тургайское и др.). Представляется необходимым проведение ревизионно-поисковых и оценочных работ на месторождения этого типа в золоторудных зонах Урала, Западно-Калбинской, Кураминской, Хакасской и др., где сурьмяные проявления изучены недостаточно.

Некоторые общие выводы

1. В целях повышения эффективности регионального и локального прогнозирования необходимо разработать формационную классификацию золоторудных, ртутных и сурьмяных месторождений с четкой индивидуализацией объективных геологических и минералогических признаков и критериев прогноза, присущих каждой формации, установлением иерархии формационных типов, промышленной значимости последних и т.п.

2. Наряду с общеизвестными тектоническими, магматическими, структурно-литологическими и другими критериями прогнозирования, важность изучения которых для рассматриваемых месторождений не вызывает сомнения, существует ряд критериев, разработанных, по нашему мнению, недостаточно:

а) исходя из стратифицированного характера распределения оруденения некоторых золотых, ртутных и сурьмяных рудных формаций (джаспероидной, карбонатной, отчасти других), необходимо провести специальные исследования по возможности применения к таким рудным формациям палеофациального, формационно-литологического и других методов прогнозирования. При детальном и

среднемасштабном прогнозе месторождений этих формаций может оказаться эффективным использование структурно-геометрического метода (А.Н.Кена), разработанного применительно к другим стратиформным месторождениям.

б) для локализации ртутных, сурьмяных и золото-серебряных месторождений в вулканогенных районах значительную роль играет палеогидрогеологический (и тесно с ним связанный палеогеотермический) фактор. Реконструкция палеогидрогеологической обстановки, выделение водоупорных и водопроницаемых палеоартезианских горизонтов в разрезе вулканогенной толщи, типизация рудных районов по палеогидрогеологическим условиям должны дать дополнительные критерии прогноза ртутных и других месторождений в масштабах вулканогенных районов.

3. Месторождения золота, ртути, сурьмы проявляются на фоне многочисленных мелких рудопроявлений, детальные поиски и разведка которых требуют затраты больших средств и времени. В связи с этим необходимо разработать специальные критерии прогноза крупных и средних месторождений, провести типизацию рудных формаций по этому признаку, создать обоснованную классификацию прогнозных запасов с учетом разной "продуктивности" рудных формаций, различной интенсивности-экстенсивности оруденения и т.п. Особое внимание должно быть уделено разработке ускоренных методов проверки прогнозов, оценки эффективности прогнозирования.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, СВЯЗАННЫХ
С КОРАМИ ВЫВЕТРИВАНИЯ

(Итоги работы группы № 6)

В заседании рабочей группы № 6 (председатель Б.М.Михайлов) приняли участие 20 человек из различных геологических организаций. С докладами, посвященными прогнозированию россыпей золота и минералов титана, а также нового типа силикатных кобальт-никелевых руд, приуроченных к депрессионным структурам на поверхности выветрелых ультраосновных пород, выступили В.И. Шкурский (ВСЕГВИ), П.В.Прокуронов (Сев.-Кавказское ТГУ), Н.Е. Фельберг и Е.М.Захарова (Красноярское ТГУ), В.Е.Бордон и В.Г. Маркова (Белгеолгидротрест), В.А.Даргевич (СНИИГГИМС), В.М.Григорьев, М.И.Усевич, Г.М.Шешуков (Гипроникель).

На заседании обсуждались конкретные пути и методы прогнозирования всего комплекса полезных ископаемых, возникающих в зоне гипергенеза. Особое внимание было уделено анализу материалов по рудоносности главнейших эпох корообразования. В основе научных предпосылок поисков лежат строго аргументированные представления о существовании в геологической истории Земли ряда крупных временных интервалов, характеризующихся широким развитием на значительных участках материков обстановок, благоприятных для интенсивного химического выветривания горных пород — эпох корообразования. Только в течение этих эпох происходит интенсивная дифференциация химических элементов и отдельных соединений в зоне гипергенеза, их миграция, приводящая к формированию промышленных рудных концентраций (С.И.Бенеславский, В.А. Бороневой, А.М.Цехомский). Эти эпохи для субаэрального гипергенного рудообразования имеют то же значение, что и эпохи стратиграфической конденсации для субаквального рудогенеза (В.Л.Либрович).

Докладчики отметили, что только эпохи корообразования, а не отдельные проявления процессов выветривания, отмечаемые в геологическом разрезе, определяют экзогенную металлогению крупных регионов и накопление осадочных рудоносных формаций.

Эволюция фациальных обстановок в геологической истории Земли, особенно в фанерозое, приводила к постепенной и закономер-

ной смене типов и характера разложения (выветривания) пород и миграционных рядов химических элементов и таким образом оказывала решающее влияние на металлогению конкретных эпох корообразования.

В геологической истории Земли наблюдается закономерное усложнение строения рудоносных формаций от более древних эпох к более молодым. В пределах крупных регионов земного шара устанавливается ряд эпох корообразования, характеризующихся определенным набором рудоносных формаций.

1. Протерозойские эпохи корообразования характеризуются широким развитием процессов интенсивной концентрации железа с образованием месторождений-гигантов типа КМА, Бомми-Хилл, Мрампа и др. В эти эпохи наряду с концентрацией огромных масс железа формировались мощные мономиктовые (кварцевые) конгломераты с золотым оруденением типа Витватерсранда, россыпи минералов титана, месторождения урана, а также ряд других редких и рассеянных элементов (В.И.Шкурский, В.А.Даргевич). Территориальные границы распространения процессов корообразования в протерозое установить весьма трудно, поскольку изучение отложений этого возраста возможно лишь на ограниченных площадях.

2. В палеозое процессы выветривания наиболее широко проявились в девоне и особенно в раннем и среднем карбоне.

С девонскими эпохами корообразования связано возникновение крупных бокситоносных формаций как в геосинклиналях, так и на платформах, заключающих значительные запасы высококачественных бокситов СССР. К этому же времени относится и накопление железорудных толщ; правда, связь последних с кораами выветривания не столь определена, как в протерозое. Девонские эпохи корообразования характеризуются локальным "островным" развитием районов выветривания среди обширных областей аридного гипергенеза, а также часто отмечаемой синхронностью их проявления с периодами интенсивного вулканизма (например, Тиман, Урал).

Карбоновые эпохи корообразования, наоборот, характеризуются чрезвычайно широким распространением процессов выветривания одновременно на многих континентах мира. Для них на-

и более типичны угленосные формации, заключающие в себе мощные толщи каолинов и огнеупорных глин (например, Подмосковский бассейн, Донбасс). По окраинам областей угленакопления, как правило, располагаются бокситоносные формации (В.А.Котлуков, В.В.Воронцов). В ряде районов бокситоносные формации залегают в основании угленосных разрезов (например, Китай, Северная Америка и др.).

3. Мезозойские эпохи корообразования (например, поздний триас-раннеюрская, альб-сеноманская и др.) характеризуются широким распространением на территории СССР и ряда других стран процессов бокситообразования. Именно в эти эпохи сформировались основные бокситоносные формации в альпийской зоне складчатости, на молодых платформах Евразии и Северной Америки. По строению и составу они существенно отличаются от аналогичных формаций более древних эпох корообразования. Для эпох корообразования мезозоя весьма примечательно широкое развитие железорудных формаций, заключающих как осадочные, так и элювиальные, остаточные залежи (например, Южный Урал, Тургай). Часто в составе этих формаций в окристых и нонтронитовых зонах кор выветривания на ультраосновных породах наблюдаются промышленные накопления кобальта и никеля (В.М.Тригорьева, Л.А.Гузовский, М.И.Усевич).

4. Чрезвычайно своеобразно проявились процессы выветривания в палеогене. Для эпох корообразования этого времени наряду с бокситонакоплением характерны процессы концентрации марганца и железа, сопровождающиеся образованием крупных промышленных месторождений (например, марганцевые и железорудные месторождения олигоценовой эпохи на юге СССР). С эпохами корообразования этого времени связаны многочисленные формации россыпей редких и рассеянных элементов, а также остаточные накопления силикатных кобальт-никелевых руд (В.Е.Бордон, В.А.Даргевич, Н.Е.Фельберг).

5. Эпохи корообразования неоген-четвертичного времени проявились главным образом в тропической зоне Земли. Для них характерно широкое развитие латеритных покровов, заключающих крупнейшие месторождения бокситов, железных и марганцевых руд, а также россыпей минералов титана, циркония и ряда редких элементов (Ю.П.Селиверстов).

Краткое перечисление некоторых металлогенических особенностей различных эпох корообразования показывает, что каждая из них, как правило, характеризуется специфическим набором месторождений полезных ископаемых. При этом месторождения одних и тех же полезных ископаемых, но разных эпох корообразования существенно отличаются как по строению, так и по условиям образования. Эти особенности эпох определяются главным образом различиями палеогеографических условий (климатических, геоморфологических), которые в общем плане регулируются тектоникой, наземной вулканической деятельностью и общей необратимой эволюцией органического мира. Выявление этих эпох, изучение особенностей их металлогении лежит в основе теории научного прогноза экзогенных полезных ископаемых, связанных с корами выветривания.

В выступлениях обращалось внимание на то, что образование месторождений в зоне гипергенеза, как правило, сопровождается интенсивным гипергенным метасоматозом, приводящим иногда к полному замещению первичных пород рудными компонентами (Михайлов Б.М.). Это обстоятельство определяет необходимость разработки теории поведения химических элементов в различных гипергенных средах с целью выяснения причин возникновения их промышленных концентраций.

Отмечено, что в основу разработки теории научного прогноза полезных ископаемых зоны гипергенеза должен быть положен принцип *раздельного* подхода к изучению металлогении конкретных эпох корообразования с учетом общей эволюции гипергенеза в геологической истории Земли.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭНДОГЕННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ОСАДОЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

(Итоги работы группы № 7)

В работе группы № 7 (председатели В.С.Домарев и Э.И.Кутырев) приняли участие 26 человек из различных геологических организаций. Необходимо отметить, что работе группы предшествовал специальный семинар, состоявшийся в октябре 1971 г. в Чите, на котором обсуждались основные проблемы условий формирования и размещения стратиформных месторождений цветных металлов. В работе семинара приняли участие ведущие специалисты по данному вопросу, опубликованы тезисы 38 докладов.

Естественно, что в сложившейся обстановке имело смысл в работе группы сделать основной упор не столько на обсуждение представленных докладов, как бы дополняющих материалы Читинского семинара, сколько на вопросы теории прогнозирования стратифицированных месторождений.

В докладах были освещены закономерности размещения месторождений медистых, цинково-свинцовистых сланцев и песчаников и критерии прогнозной оценки их применительно к верхней перми Приуралья (Г.Г.Кочин, ВСЕГЕИ; В.Г.Изаотов, В.А.Полынин, КазГТУ) и неогена Предкарпатья (Я.К.Писарчик, ВСЕГЕИ), 2) закономерности размещения и критерии прогнозной оценки и перспектив поисков свинцово-цинковых (В.С.Зорин, КазИМС), полиметаллических, железо-марганцевых и комплексных месторождений (А.К.Иогансон, Ю.П.Рождественский, Э.И.Кутырев, ВСЕГЕИ) на территории Казахстана и Средней Азии. В докладе А.М.Карпунина (ВИРГ) обсуждались вопросы промышленной классификации стратифицированных месторождений по признаку метаморфических преобразований. Кроме того, был заслушан доклад Э.К.Кивияги (УГ СМ ЭССР), посвященный оценке перспектив поисков фосфоритов в ордовике Прибалтики.

Э.И.Кутыревым (ВСЕГЕИ) сделан обобщающий доклад, в котором констатированы и развиты следующие положения.

1. Под стратифицированными месторождениями для целей прогнозной оценки следует понимать семейство рудных образований, характеризующихся согласным с напластованием залеганием

рудных тел. Среди данного семейства по формационному признаку, в общем отражающему их генезис, выделяются две группы месторождений — осадочные и вулканогенно-осадочные. Вторая из них определяется по наличию вулканогенных или отдаленно-вулканогенных образований в качестве рудовмещающих или переслаивающихся с рудоносными осадочными отложениями.

2. Большое народнохозяйственное значение рассматриваемых медных и свинцово-цинковых месторождений является общепризнанным. Если учесть возможность отнесения к типу стратифицированных месторождения так называемой доскладчатой колчеданной группы, то запасы меди составят 70–75% от общих запасов этого металла и еще больше — до 90% — свинца и цинка. Важное промышленное значение характеризуемой группы рудных образований указывает на необходимость тщательного изучения закономерностей их размещения и разработки теории прогнозирования.

3. Гипотеза осадочного генезиса стратифицированных месторождений (Д.Г.Сапожников, М.М.Константинов, В.М.Попов, М.Н.Страхов, В.С.Домарев, Ю.В.Богданов) позволила поставить вопросы о региональном стратиграфическом, палеотектоническом, фациально-палеогеографическом и формационном факторах оруденения, которые исключались при гидротермальной трактовке генезиса. В процессе их разрешения выяснились слабые стороны гипотезы. В частности, для некоторых типов стратифицированных месторождений медных и свинцово-цинковых руд неудовлетворительным представляется теперь предположение о сносе металлов из областей денудации в результате только химического высвобождения их из пород при экзогенных процессах. В свою очередь, признание эндогенного источника приводит к необходимости рассмотреть латеральные и хронологические ряды месторождений свинца, цинка, меди, железа и марганца и региональную зональность рудных месторождений. На примере рассматриваемой группы месторождений становится совершенно очевидным, что генетическая гипотеза необходима для правильной постановки научных задач, но не есть их решение.

Факторы контроля месторождений и рудных тел подразделяются на региональные и локальные. Первые из них определяются геотектоническими, формационными, палеогеографическими, региональными стратиграфическими закономерностями. Локальные

факторы включают стратиграфический, литолого-фациальный контроль, минерально-геохимические особенности и структуру (зональность) месторождений.

4. Основные закономерности пространственного размещения, определяющие перспективы поисков стратифицированных месторождений в различных типах геологических структур, сводятся к следующему.

а) В чехлах месторождения и рудопроявления подразделяются на две категории: месторождения над палеострогами фундамента (устойчиво мобильный фундамент) и месторождения в чехлах на относительно жестком фундаменте. В первом случае устанавливается контроль месторождений бортами (порогами) фундамента. Месторождения создаются благодаря стабильности знака движений над древними трогами. Во втором случае характер движений фундамента может быть представлен как глыбово-волновой.

В целом платформенные чехлы признаны малоперспективными в отношении поисков крупных стратифицированных месторождений меди, свинца и цинка. Здесь могут быть обнаружены лишь мелкие месторождения с запасами от десятков тысяч тонн до 100 тыс. т металлов.

б) В подвижных областях в зависимости от активности вулканизма и состава вулканитов в трогах, преимущественно в их краевых, ступенчатых зонах, вблизи с границами массивов (глыб ранней консолидации) концентрируются вулканогенно-осадочные месторождения^х): медно-цеолитовые типа Верхнего Озера (пестрая липарит-базальт-терригенная), медные (цинково-медные), колчеданные уральского типа (спилит-кертюфировая туфосланцевая формация), полиметаллические алтайского типа (липарит-туфосланцевая формация). В трогах с ослабленным вулканизмом в средних частях колонны осадков преимущественным развитием пользуется черносланцевая меденосная (успенский тип) или цинк-свинцово-носная (рассохинский тип) формации. В подобных же структурах без обнаруженного вулканизма или с предшествующим рудоотложением вулканизмом наиболее крупные стратифицированные месторождения свинца и цинка формируются в нижних членах карбонатных толщ, обычно располагающихся над черносланцевой формацией.

^х) Названы рудоносные формации целевого назначения.

Они подразделяются на три типа. Первый из них, атасуйский, представляет собой переходный от алтайского к двум другим, названным ниже. Он контролируется вулканогенно-кремнисто-карбонатной и терригенно-кремнисто-карбонатной формациями. Другой тип, сумсарский, приурочен к пестроцветной прибрежно-морской терригенно-карбонатной формации. Миссисипский тип свинцово-цинковых месторождений пространственно связан с сероцветной контрастной известняково-доломитовой формацией мелководно-морского профиля (на склонах палеоподнятий). Миссисипский тип имеет первостепенное значение; к нему относятся месторождения Горевское, Таборное, Миргалимсай. Специфика фациально-палеогеографических обстановок накопления рудоносных толщ обуславливает значительную протяженность, сравнительно небольшую мощность и линзовидную форму рудоносных горизонтов миссисипского типа, изменчивость содержаний металлов по простиранию, иногда большую мощность рудных тел в месторождениях сумсарского типа (Учкулач).

Необходимо обратить внимание на латеральную региональную зональность оруденения в трогах. От бортов в глубь трогов полиметаллические месторождения сменяются сначала медными, а затем железо-марганцевыми. Определенное влияние на контрастность проявления зональности оказывает состав краевых частей ограничительных блоков. Резкое преобладание в них пород кислого состава обуславливает развитие колчеданно-полиметаллических и свинцово-цинковых месторождений в черносланцевой формации. В том случае, когда бортовые массивы сложены вулканитами и интрузивами основного состава, вдоль них в трогах распространяется медноколчеданное оруденение, медное оруденение в черносланцевой формации. Примерами служат Магнитогорский синклинорий (фрагмент трога), алтайские месторождения, Жайлыминско-Успенский трог в Казахстане, где в различной степени проявлена латеральная поперечная и продольная зональность.

в) В орогенной группе рудоносных пестроцветных терригенных формаций выделяются две подгруппы, существенно различающиеся перспективами. В типично орогенных молассовых и молассоидных пестроцветных формациях межгорных впадин располагаются меденосные горизонты — конгломерато-алеврито-песчаные озерно-аллювиальные и дельтово-аллювиальные, реже карбонатно-

глинистые прибрежно-морские медистые отложения. Среди них промышленные месторождения неизвестны.

В орогенных унаследованных прогибах, наоборот, гетерогенно-блоковое строение фундамента определяет устойчивость знака движений и постоянство положения фациальных зон в пространстве, их контрастность, благодаря чему накапливаются выдержанные и мощные рудоносные горизонты, относимые к пестроцветной лагуно-дельтовой формации (Удокан, Джезказган).

При использовании различных критериев прогнозной оценки территорий огромное значение имеет определение информационного веса и достаточности комплекса признаков, которые выбираются для оценки.

5. Предварительный анализ территории СССР показывает, что возможности для обнаружения крупных стратифицированных месторождений как в молодых, так и в древних толщах, выполняющих рифтогенные структуры, у нас далеко не исчерпаны. Исходя из темпов открытия стратифицированных месторождений, можно считать, что в ближайшие 30 лет ожидается прирост запасов не менее чем на 80-100 млн. тонн металлов. Резкое улучшение экономических условий на юге Сибири позволит в ближайшие десятилетия создать здесь мощную базу цветной металлургии страны. В первую очередь это относится к Книсейскому краю, который располагает самыми благоприятными условиями для открытия новых полиметаллических месторождений, преимущественно в рифтогенных толщах тунгусинской и ослянской серий. Ангаро-Игарская зона перспективна также на медные месторождения джезказганского типа в пестроцветных толщах позднего докембрия. Высоки перспективы Забайкальской дуги (В.С.Кормилицын), Кодаро-Удоканской зоны (Ю.В.Богданов). Несмотря на суровые экономические условия, Идомо-Майская площадь, названная в качестве перспективной более двух десятилетий тому назад М.И.Ицкисоном, также представляет объект первоочередных исследований. Приходится еще раз обратить внимание на крайне слабую изученность протерозойских толщ Урала в отношении перспектив поисков стратифицированных месторождений.

В последнее десятилетие века, как нам кажется, геологи могут подойти к оценке перспектив рифтогенных структур мезо-

войского возраста в койлогенных областях, перспективы которых по геотектоническому признаку представляются очень высокими.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОЛЧЕДАНО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, СВЯЗАННЫХ С ЭФфуЗИВНО-ИНТРУ- ЗИВНЫМИ ФОРМАЦИЯМИ

(Итоги работы группы № 8)

На заседании рабочей группы № 8 (председатели В.И.Васильев и М.Б.Бородаевская) были рассмотрены вопросы прогнозирования колчеданно-полиметаллических месторождений, связанных с эффузивно-интрузивными формациями. В работе группы приняли участие более 60 человек из 18 геологических организаций.

На заседании были заслушаны доклады и выступления П.Ф.Сопко (Ин-т Башкирского филиала АН СССР), В.М.Нечухина - содокладчики С.Н.Иванов, П.Я.Яром (ИГГ УФАИ СССР), М.Б.Бородаевской (ЦНИГРИ), Б.Д.Магадеева - содокладчики Г.И.Водорезов, Н.Д.Куваевская, П.В.Лазарев (Башкирское ТГУ), А.М.Виноградова-содокладчики В.И.Прозоров, В.Н.Виноградова, И.С.Хрусталева (Оренбургское ТГУ), А.А.Цветковой - содокладчики М.Е.Вавилов и В.И.Страхов (Башкирское ТГУ), посвященные вопросам регионального и локального прогнозирования медноколчеданных и колчеданно-полиметаллических месторождений Урала, В.И.Буадзе (КИМС) о прогнозировании колчеданно-полиметаллических месторождений в пределах Передового хребта Большого Кавказа, Г.В.Цинцадзе - содокладчик А.Н.Кен (ВСЕГЕИ) - о перспективах Зырянского района, М.В.Семенова (ВИГР) - о перспективах Белосовского и Зырянского районов Рудного Алтая.

В прениях приняли участие Д.П.Авров, Н.Н.Биндеман, М.Б.Бородаевская, В.И.Васильев, Д.И.Горжевский, А.К.Капков, В.В.Сагло, М.Г.Хисамутдинов, Г.Н.Щерба, Г.Ф.Яковлев и др.

Основное внимание было уделено рассмотрению вопросов формационной принадлежности медноколчеданно-полиметаллических месторождений, их связи с геологическими формациями - приуро-

ченности к определенным структурным этапам и этапам развития складчатых систем, критериям прогнозирования новых, в том числе и крупных месторождений, и различным методам прогнозирования.

Острую дискуссию вызвал доклад Г.В.Цинцадзе и А.Н.Кена. Сторонники гипотезы о послескладчатом возрасте колчеданно-полиметаллического оруденения Рудного Алтая возражали против предложенной докладчиками интерпретации фактического материала. Вместе с тем большинство выступавших поддержало необходимость применения новой прогрессивной методики прогнозирования слепых рудных тел, разработанной А.Н.Кеном.

По основным аспектам прогнозирования сделаны следующие выводы:

1. Важнейшей закономерностью является пространственное совпадение ареалов распространения главных промышленных медноколчеданно-полиметаллических руд с формациями натровых, реже кали-натровых кислых вулканических пород: липаритов, металипаритов, кератофиров, альбитофиров и умеренно кислых дифференцированных пород андезито-дацитового ряда, которые в подавляющем большинстве случаев ассоциируют со спилито-диабазовыми лавами. Кислые и умеренно кислые породы представлены лавами, лавобрекчиями, туфобрекчиями и туфами различной зернистости, образующими упорядоченные ритмы. Эффузивно-пирокластические породы сопровождаются субвулканическими и вулканическими интрузиями: дайками, силлами, neckами и штоками кварцевых порфиров, фельзитов и иногда малыми комагматичными телами гранитоидов: плагиогранитов и гранитов.

На происхождение кислых раннегеосинклинальных вулканитов существуют две основные точки зрения.

Уральская школа геологов традиционно полагает, что кислые вулканические породы являются частью контрастно или последовательно дифференцированных продуктов развития базальтоидных очагов, в частности ранних субмаринных натровых серий. Соответственно такие сложодифференцированные формации именуются спилито-кварцево-альбитофировыми, спилито-кератофировыми, липарито-базальтовыми и т.д. Потенциальная рудоносность их оценивается с точки зрения длительности развития

магматических очагов и степени дифференциации вещества (П.Ф. Сопко, С.Н.Иванов и др., М.Б.Бородаевская, Г.И.Водорезов и др., А.М.Виноградов и др.).

Другая группа исследователей относит диориты и их натровые аналоги к производным самостоятельных внутрикоровых очагов гранитовой магмы, независимых от базальтоидных очагов, расположенных в мантии (А.Н.Кен, Г.В.Цинцадзе, В.И.Васильев).

Самостоятельность проявления кислых вулканитов подчеркивается различной тектонической позицией спилито-диабазовых и кератофировых лав и лирокластов, отсутствием или редуцированным проявлением промежуточных разновидностей и так называемых дифференцированных спилито-кератофировых и диорито-базальтовых рядов пород, синхронностью проявления основного и кислого вулканизма вдоль разных структур, иногда проявлением в пределах рудных зон в начальные этапы только кислого вулканизма при полном отсутствии продуктов основного, а также различной металлогенической специализацией кислых и основных вулканитов. Указанные различия позволяют выделить среди спилито-кератофировой группы две формации вулканических пород: кислых и основ-

ных. Колчеданно-полиметаллическая специализация доскладчатых кислых формаций доказывается присутствием в лавовых потоках сингенетичной рудной вкрапленности, наличием скарновых полиметаллических месторождений, связанных с малыми телами доскладчатых гранитоидов и приуроченностью мелких месторождений к субвулканическим телам фельзитов и альбитофиров. Перечисленные месторождения и проявления полиметаллов имеют другой генезис и более древний возраст по сравнению с главной массой промышленных руд медноколчеданно-полиметаллической формации, заключающей развитие кислого вулканизма, но связаны с той же кислой доскладчатой формацией.

Независимо от различий во взглядах на генезис рудоносных магматических формаций обе группы исследователей выделяют как перспективные те районы, где, кроме основных лав, наблюдаются кислые разновидности. В то же время районы развития только базальтовых (спилито-диабазовых) толщ рассматриваются как бесперспективные (П.Ф.Сопко, С.Н.Иванов, А.Н.Кен и др.).

Зоны с проявлением кислого вулканизма несут подавляющую часть рудного сырья медноколчеданно-полиметаллической формации, в то время как значение серноколчеданных, медноколчеданных и магнетит-гематитовых руд, связанных с базальтовым вулканизмом, невелико. Промышленная неравнозначность этих групп месторождений внутри медноколчеданно-полиметаллической формации определяет стратегическую направленность поисково-разведочных работ в первую очередь на те зоны, где медноколчеданно-полиметаллическое оруденение связано с кислыми и умеренно-кислыми формациями начальных этапов развития геосинклинальных зон. Это определяет новый подход к оценке перспектив рудоносных территорий, открывает большие возможности для переоценки и выявления новых рудоносных площадей внутри зон с проявлением вулканизма начальных этапов развития.

В то же время большинство геологов, изучающих колчеданно-полиметаллические месторождения Рудного Алтая, идентичные раннегеосинклинальным месторождениям Урала, Кавказа, Центрального Казахстана и т.д., относят их к посторогенному этапу и связывают либо с синорогенными змеиногорскими гранитами (А.К.Карпов), либо с посторогенными малыми интрузиями кислого и основного состава (П.Ф.Иванки, Д.И.Горжевский, М.Г.Хисамутдинов, Н.Н.Биндеман, Д.П.Авров)!

2. Наиболее перспективными рудоносными структурными этапами, несущими сингенетичное медноколчеданное и колчеданно-полиметаллическое оруденение, являются этапы, оформившиеся в раннегеосинклинальный период: нижне- и верхнепротерозойские, нижне-среднекембрийский, ордовикский, сидурийский, девонский, нижне-среднеюрский, нижнемеловой, верхнемеловой - нижне-среднепалеогеновый, неогеновый. Менее перспективны структурные этапы, во время формирования которых господствовал континентальный режим: среднепротерозойский, верхнекембрийский, верхнепалеозойский - триасовый, верхнеюрский, олигоценый.

В регионах с полициклическим развитием (Урал, Кавказ) месторождения медноколчеданно-полиметаллической формации нередко приурочены к различным структурным ярусам, составлен-

ным сходными или тождественными наборами геологических формаций. Отсутствие зональности в распределении месторождений, приуроченных к различным ярусам, указывает на их разновозрастность и необходимость производить прогнозы для каждого структурного яруса в отдельности (М.Б.Бородаевская, П.Ф.Сопко, С.Н.Иванов, В.М.Нечеухин, П.Я.Ярош).

3. Выявлена тесная пространственная связь медноколчеданно-полиметаллической формации со структурами первого порядка, которые возникали в начальные, собственно геосинклинальные этапы развития, и, в частности, с внешними периферическими частями срединных массивов и внутригеосинклинальных поднятий.

В направлении от центральных частей поднятий в глубь грибов параллельно с уменьшением мощности пород кератофировой формации происходит смена барит-полиметаллических месторождений колчеданно-полиметаллическими, цинково- и медноколчеданными. Эта закономерность позволяет более правильно ориентировать поисково-разведочные работы, ведущиеся для обнаружения, с одной стороны, колчеданно-полиметаллических, а с другой — медноколчеданных месторождений (А.Н.Кен, В.И.Васильев, Г.В.Цинцадзе).

4. Доказано, что месторождения медноколчеданно-полиметаллической формации образовались в ранние этапы развития геосинклиналей, о чем свидетельствует одинаковая степень метаморфизма руд и вмещающих пород, согласное залегание рудных залежей среди доскладчатых стратифицированных отложений, разновозрастность оруденения и вмещающих их пород, однозначность вектора палеомагнетизма и др. Доскладчатый возраст медноколчеданно-полиметаллической формации определяет новые методы прогноза, основанные на выявлении первичных (доскладчатых) факторов контроля оруденения. К числу таких первичных факторов относятся приуроченность руд к одинаковым стратиграфическим горизонтам вдоль простирания внутригеосинклинальных поднятий и омоложение рудовмещающих стратиграфических горизонтов вкост поднятий, по мере перехода от центра к их окраинам. Большое значение имеет также распределение в стратиграфических разрезах первичных благоприятных и неблагоприятных для рудоотложения пород, обладающих опреде-

ленными свойствами, массивностью, пластичностью, хрупкостью, пористостью, проницаемостью, химическим составом и взаиморасположением доскладчатых разрывных и пликативных структур, контролирующих оруденение, насыщенностью геосинклинальных толщ захороненными седиментационными поровыми водами и т.д. (П.Ф.Сопко, С.Н.Иванов, и др., М.Б.Бородаевская и др.).

Исходя из представлений о раннегеосинклинальном возрасте оруденения, необходимо провести переоценку перспектив ряда рудных районов, в которых поиски медноколчеданно-полиметаллических месторождений производятся на основании представлений о посторогенном возрасте оруденения.

5. Подчеркнута важнейшая роль раннегеосинклинальных разрывных нарушений в локализации как стратиформных рудных залежей, связанных с липаритовым, кератофировым вулканизмом, так и секущих рудных тел, характерных для областей проявления андезито-дацитового вулканизма. Доскладчатые системы разломов перспективные на обнаружение медноколчеданно-полиметаллических месторождений, фиксируются продуктами доскладчатого основного и кислого вулканизма, присутствием доскладчатых гидротермально измененных пород, резким изменением мощностей и фаций доскладчатых отложений. Форма и распределение рудных залежей и тел определяется при этом формой и взаиморасположением разломов относительно друг друга: веерообразным, параллельным, решетчато-узловым и т.д. При прогнозировании новых рудных узлов, полей и месторождений внутри металлогенических зон выявление закономерных систем доскладчатых разломов является одним из наиболее эффективных методов поисков.

Колчеданно-полиметаллические месторождения связаны также с доскладчатыми вулкано-тектоническими постройками центрального типа с радиальным и концентрическим распределением рудных тел, месторождений и рудных полей (С.Н.Иванов, В.М.Нечеухин, П.Я.Ярош, Г.Н.Щерба, П.Ф.Сопко и др.). Формы центрального типа отчетливо фиксируются геофизическими и геологическими исследованиями на Урале (М.Е.Вавилов, В.И.Страхов, А.А.Цветкова), Кавказе и в Рудном Алтае. В синорогенный период они искажаются, частично подвергаются размыву. Реконструкция их на момент рудообразования является одним из глав-

ных методов прогноза колчеданно-полиметаллического оруденения? Вместе с тем, как отмечают некоторые исследователи, крутые углы наклона пород на склонах вулканических построек могут быть первичными, а не только обусловленными наложенной складчатостью (М.Б.Бородаевская).

6. Прогнозирование раннетектонических месторождений необходимо вести с учетом послерудных изменений, обусловленных соскладчатым динамометаморфизмом, термальным воздействием интрузий и наложенных метасоматических процессов.

При складчатости нарушается первично пологое залегание рудных залежей, они сминаются в складки, сминаются разрывами, подвергаются будинаку, брекчированию, расщеплению, кливажируются. Пластичное рудное вещество вдаливается в трещины скола, нагнетается в замки шарнирных складок и в зоны отслаивания. В результате динамометаморфизма возникают катакластические и гранобластические структуры, гнейсовидные и полосчатые текстуры.

Внедрение послерудных гранитоидных интрузий приводит к перераспределению рудного вещества с формированием зональности относительно интрузий, к наложению высокотемпературных минеральных ассоциаций, в том числе и несвойственных колчеданно-полиметаллическим месторождениям рудных компонентов: редкометалльных и радиоактивных. Структурный анализ рудных тел, месторождений и вмещающей среды позволяет выявить характер и последовательность наложенных изменений, реконструировать первичные свойства рудных объектов и вмещающей среды и, таким образом, дать обоснованный прогноз (С.Н.Иванов и др., А.А.Абдрахманов, З.Т.Тилепов).

7. На локализацию медноколчеданно-полиметаллического оруденения значительное влияние оказывают физико-механические свойства пород, слагающих рудоносные пакки стратиграфического разреза. Наиболее благоприятны для рудоотложения горизонты пористых пород и агломеративных туфов кислого и среднего состава, туфопесчаников, алевролитов, алевропелитов и псаммитов. Проклиновое штокверковое оруденение обычно развивается по горизонтам и линзам хрупких пород — силлов, дав, силлитов и кремнистых алевропелитов. Для локализации оруденения благоприятно также частое чередование осадочных и туфогенных

пород? Породами, неблагоприятными для рудоотложения, являются крипнокристаллические плотные известняки, массивные непроницаемые покровы и силлы основных и кислых пород. Наиболее богатое медноколчеданно-полиметаллическое оруденение локализуется вблизи границ толл, сложенных породами с контрастными свойствами: рудовмещающими пористыми туфами и осадочными породами, а также непроницаемыми лавами и силлами, экранирующими оруденение. Формированию богатых руд способствует также дорудное гидротермальное изменение пород, приводящее к увеличению их пористости и проницаемости.

8. В большинстве районов с развитием медноколчеданно-полиметаллической формации установлены два разновозрастных типа гидротермального изменения пород: синхронно с вулканизмом эффузивные породы подвергаются слабой пропилитизации, вслед за которой происходит окварцевание, серицитизация и хлоритизация. Второй тип гидротермальных изменений непосредственно предшествует и сопровождает рудоотложение, пространственно локализован, но проявляется весьма интенсивно. Он является одним из важнейших прямых поисковых признаков медноколчеданно-полиметаллического оруденения.

Отмечается также приуроченность месторождений к границам двух типов зон регионального метаморфизма — хлорит-эпидотовой и пумпеллит-пренитовой, развитие асимметричной гипогенной зональности околорудных ореолов.

9. Выделены три разнопорядковых типа зональности оруденения медноколчеданно-полиметаллической формации. Первый тип зональности характерен для металлогенических зон и заключается в смене по горизонтали от поднятий в глубь прогибов барит-полиметаллических месторождений колчеданно-полиметаллическими, цинково-колчеданными, медно-цинково-колчеданными и медноколчеданными. Горизонтальная зональность в пределах металлогенических зон позволяет предсказывать положение некоторых залежей определенного состава, выпадающих из полного ряда горизонтальной зональности (А.Н.Кен, В.И.Васильев, Г.В.Цинцадзе, С.Н.Ганжарова, В.И.Буадзе и др.):

Второй тип зональности проявляется в масштабе рудных узлов и полей относительно линейных разрывных или очаговых цент-

ральных вулканических структур. В структурах этого типа наиболее высокотемпературные серно- и медноколчеданные руды приурочены либо к доскладчатым разломам, либо к центрам очаговых структур, а по периферии развивается цинково-колчеданное и колчеданно-полиметаллическое оруденение. Установление зонально-сти второго типа в каком-либо сечении рудоносной структуры позволяет предсказать состав и местоположение оруденения в других сечениях данной структуры.

Третий тип зональности проявлен в отдельных стратиформных рудных залежах и линзах, относящихся к медноколчеданно-полиметаллической формации. Независимо от формы рудных тел эта зональность наиболее часто проявлена перпендикулярно напластованию вмещающих пород. Она очень разнообразна и в большей мере зависит от местных условий, чем первые два типа зональности (Н.И.Боев, С.Н.Ганжарова и др.). Первичная вертикальная зональность позволяет предсказывать расположение некоторых рудных залежей в вертикальном стратиграфическом разрезе, содействует расшифровке первичных структур месторождений и нахождению частей рудных тел, смещенных по разрывным нарушениям.

Перспективы обнаружения на территории СССР медноколчеданных и колчеданно-полиметаллических месторождений в настоящее время значительно возросли как в связи с выявлением новых рудных провинций, так и с повышением степени изученности освоенных промышленных районов и усовершенствованием методов поисков и прогноза. В будущем роль колчеданно-полиметаллических месторождений как поставщиков меди, свинца и цинка будет относительно увеличиваться. Возможно, несколько снизится их роль как источника меди в связи с освоением стратифицированных медных месторождений Сибири.

В ближайшие 15 лет основными районами, в которых будут действовать горнодобывающие предприятия на базе колчеданно-полиметаллических месторождений, останутся Урал, Рудный Алтай, Алтай-Саянская область, Кавказ, Казахстан и Забайкалье. Возрастет роль таких новых районов, как Закарпатье, Забайкалье, Чингиз-Тарбагатай, Центральный Казахстан, Тува, Горный Алтай, Тиман, Средняя Азия.

По предварительным оценкам, запасы медноколчеданных и колчеданно-полиметаллических руд на Урале могут возрасти в два раза, причем ожидается открытие нескольких крупных месторождений. Перспективы Северного и Полярного Урала и примыкающего к ним Тимана значительно более высоки: эти территории обладают всеми факторами контроля колчеданно-полиметаллических месторождений, но изучены и опойсканы явно недостаточно.

Рудно-Алтайская колчеданно-полиметаллическая провинция также далеко не исчерпала своих перспектив на увеличение запасов. В течение ближайших 15 лет запасы руд на Рудном Алтае могут возрасти в три раза, в том числе и в районах действующих горнодобывающих предприятий: Золотушинского, Иртышского, Лениногорского и Зыряновского полиметаллических комбинатов. Весьма возрастают перспективы восточной окраины Рудного Алтая. Горный Алтай может быть выделен как новая колчеданно-полиметаллическая провинция, соизмеримая по значению с Рудным Алтаем. Поиски месторождений медноколчеданно-полиметаллического состава должны вестись прежде всего на стыке жестких массивов и внутригеосинклинальных прогибов внутри Горного Алтая: на стыке с Рудным Алтаем в Коргонской зоне, вдоль Западной окраины Ануйско-Чуйского прогиба. Симметричная Рудному Алтаю относительно Калбинской зоны Чингиз-Тарбагатайская система также выявляется сейчас как будущая крупная колчеданно-полиметаллическая провинция, запасы которой соизмеримы с запасами Рудного Алтая, известными в настоящее время.

Колчеданно-полиметаллические месторождения Атасуйского типа в Центральном Казахстане изучены еще совершенно недостаточно, несмотря на промышленную освоенность района и его географически благоприятное положение. Имеющиеся геологические данные позволяют прогнозировать открытие в этом районе ряда промышленных тел типа залежей Белоусовского месторождения Рудного Алтая.

Кавказ, по предварительным оценкам, в течение 15 лет превратится в важный горнодобывающий район. В пределах Передового хребта возможно открытие ряда крупных и средних колчеданно-полиметаллических месторождений, в связи с чем запа-

сы руды по сравнению с настоящим временем возрастут по крайней мере вдвое. Весьма перспективным остается также Малый Кавказ, в частности Маднеульский район и восточная часть его северного склона, где можно ожидать открытия средних и мелких месторождений. Аналогичная ситуация складывается и в Карпатах, где могут быть обнаружены в основном средние и мелкие месторождения с богатыми рудами, доступными для промышленного освоения!

Весьма перспективным регионом на обнаружение крупных рудных полей и узлов колчеданно-полиметаллических месторождений является восточная часть Алтае-Саянской складчатой области, в частности хр. Восточный Танну-Ола, Восточная Тува, т.е. северо-западное обрамление нагорья Сангилен, южный склон Восточного Саяна. Здесь можно ожидать открытия колчеданно-полиметаллических провинций, соизмеримых с Рудно-Алтайской, но обнаружение месторождений и их промышленное освоение в течение ближайших 15 лет здесь будет сдерживаться географическими условиями и экономическими затратами.

Более перспективным районом является Западное Забайкалье и все складчатое обрамление Сибирской платформы в целом. Здесь можно прогнозировать обнаружение нескольких крупных рудных узлов типа Холоднинского и Озерного, которые явятся базой для строительства горнодобывающих предприятий.

**РЕШЕНИЕ СОВЕЩАНИЯ "ОСНОВЫ НАУЧНОГО ПРОГНОЗА
МЕСТОРОЖДЕНИЙ РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ"**

Всесоюзный ордена Ленина научно-исследовательский геологический институт (ВСЕГЕИ) и Ленинградское отделение Научно-технического горного общества провели с 14 по 18 декабря 1971г. совещание, посвященное основам научного прогноза месторождений полезных ископаемых.

В работе совещания приняли участие представители ведущих научно-исследовательских геологических институтов Министерства геологии СССР и АН СССР, производственных геологических организаций, высших учебных заведений, всего 705 человек от 108 организаций.

На совещании заслушано 35 докладов и около 80 сообщений в рабочих группах. Были рассмотрены следующие вопросы:

- формационный анализ при прогнозировании месторождений;
- структурно-геометрические основы прогнозирования месторождений;
- фактор времени и историко-эволюционные аспекты прогнозирования;
- прогнозирование месторождений в областях тектонической активизации;
- новое в геохимических и геофизических методах прогнозирования;
- конкретные особенности прогноза месторождений различных формационных типов (обсуждены на восьми рабочих группах);
- математические методы в прогнозировании (обсуждены на заседаниях рабочей группы и специальном семинаре).

К совещанию изданы материалы, содержащие краткое изложение докладов и сообщений, а также серия брошюр, освещающих важные региональные и локальные закономерности размещения и вопросы теории прогноза месторождений некоторых полезных ископаемых.

Совещание ОТМЕЧАЕТ, что в СССР за последние годы достигнут определенный прогресс в региональном и крупномасштабном прогнозировании. Составление прогнозно-металлогенических карт отдельных регионов, начатое в свое время ВСКГЕИ, АН КазССР и другими организациями, стало важным и массовым видом геологических исследований и практически теперь осуществляется во всех регионах Союза. Накоплен большой практический опыт по методике составления таких карт. Достигнуты успехи в разработке методики детального прогнозирования; составлены крупномасштабные карты прогноза по многим горнорудным районам Союза.

Вместе с тем теоретические основы прогноза в свете современных требований, в особенности аспекты количественного прогнозирования и обоснование глубинных поисков, не получили еще необходимого развития. Поэтому основной целью совещания являлось обсуждение современного состояния проблемы прогноза месторождений в некоторых новых ранее мало обсуждавшихся направлениях.

Совещание показало перспективность общегеологического и структурно-системного метода и концепции о множественности уровней организации геологического вещества в области изучения полезных ископаемых. Выделение и типизация рудных формаций на структурно-вещественной основе с учетом их эволюции становится фундаментом теорий прогнозирования полезных ископаемых. Важнейшим условием совершенствования прогнозирования является структурно-морфологическая типизация рудных полей и их геометрическое моделирование. Подчеркнуто большое значение фактора времени, последовательности и динамики развития минеральных образований различных уровней организации вещества — минералов, пород, формаций — для целей прогнозирования; обсуждены новые важные стороны проблемы тектономагматической активизации. Показано, что одним из важных

путей повышения эффективности прогноза является его математизация и применение в этих целях ЭВМ.

Руководствуясь решениями XXIV съезда КПСС о необходимости повышения эффективности геологоразведочных работ и определяющей роли научных исследований в решении важной народно-хозяйственной задачи по расширению минерально-сырьевой базы, совещание ПОСТАНОВЛЯЕТ:

1. Считать главной задачей всестороннее совершенствование теории и методов научного прогнозирования, направленное на обеспечение резкого повышения эффективности поисковых и геологоразведочных работ текущего пятилетия, с учетом потребностей народного хозяйства на ближайшие десятилетия.

2. Совершенствование работ по прогнозированию должно преследовать цели количественной оценки потенциальной рудоносности в первую очередь в районах действующих предприятий и экономически освоенных районах.

3. При комплексном региональном прогнозировании учитывать возможность выявления новых промышленных типов месторождений и рудных формаций.

4. В целях повышения эффективности регионального и локального прогноза считать первоочередными задачами:

а) усиление исследований в области металлогении отдельных элементов с выявлением индивидуальных особенностей их концентрации в различных геологических условиях;

б) совершенствование классификаций месторождений полезных ископаемых на структурно-формационной основе;

в) разработку систематики критериев прогноза по главным формационным типам месторождений;

г) усиление работ по выявлению основных факторов локальных закономерностей размещения полезных ископаемых;

д) проведение комплексных геолого-структурных, геоморфологических, минералого-геохимических и геофизических исследований;

е) усиление исследований по экономическим аспектам прогноза, прогнозной оценке масштабов оруденения, качеству сырья, горно-техническим условиям эксплуатации прогнозируемых месторождений и др.

5. Продолжить разработку новых логических и математических моделей прогноза и поисков месторождений полезных ископаемых различных формационных типов. Широко внедрять разработанные математические методы с использованием ЭЦВМ в практику прогнозных и поисковых работ.

6. С целью использования мирового опыта по изучению важнейших промышленных месторождений просить НИИЗарубежгеология подготовить и распространить описание крупнейших зарубежных месторождений, в особенности новых генетических и формационных типов. Обобщить зарубежный опыт количественного прогнозирования.

7. Просить Госкомитет по науке и технике СМ СССР о командировке ведущих специалистов в области прогноза месторождений в зарубежные страны (Канаду, Австралию, США и др.) с целью ознакомления с опытом прогнозирования, участия в совещаниях, симпозиумах.

8. Для внедрения в практику структурно-геометрических методов изучения рудных полей важное значение имеет издание работы, составленной СНИИГТИМС, - "Атласа морфоструктур рудных полей". Просить РИСО МГ СССР включить его в план первоочередных изданий.

9. Поручить ВСЕГЕИ в сотрудничестве с другими организациями подготовить методические рекомендации по математическим методам прогнозирования месторождений полезных ископаемых.

10. Просить редколлегии журналов "Советская геология", "Разведка и охрана недр", "Геология рудных месторождений", "Записки Всесоюзного минералогического общества", "Геология и геофизика" опубликовать информационное сообщение и некоторые материалы совещания.

11. Поручить оргкомитету доработать и отредактировать общие итоги и практические рекомендации совещания, связанные с направлением поисковых работ, и разослать их заинтересованным организациям в I квартале 1972 года.

12. Созвать следующее совещание по проблеме научного прогноза через три года, посвятив его методам прогнозирования и построения прогнозно-металлогенических карт различного содержания и масштаба, а также критериям прогнозирования главнейших промышленных рудных формаций.

Предисловие	3
Современное состояние и пути развития проблемы прогнозирования месторождений полезных ископаемых (Д.В.Рундквист, В.И.Бергер, Н.Н.Боровко, В.И.Васильев, С.Н.Ганжарова, В.К.Денисенко, В.И. Драгунов и др.)	5
 I. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ 	
Итоги работы пленарных заседаний	
Формационный анализ при прогнозировании месторождений (Д.В.Рундквист)	21
Структурно-геометрические основы прогнозирования (В.И.Васильев)	27
Фактор времени при прогнозировании (В.И.Драгунов)	32
Использование закономерностей развития минеральных образований во времени при металлогенических исследованиях (Д.В.Рундквист)	37
Прогнозирование месторождений в областях тектонической активизации (В.С.Кормилицына, Ю.П.Рожественский)	57
Новое в геохимических, геофизических и других методах прогнозирования месторождений (А.А.Смыслов)	61
Математические методы оценки перспективности площадей (Л.Н.Дуденко)	65

П. ВОПРОСЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ГЛАВНЕЙШИХ
РУДНЫХ И НЕРУДНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Итоги работы групп

Прогнозирование эндогенных полезных ископаемых, связанных с формациями ультраосновных и основных пород (итоги работы группы № 1). (С.В.Москалева)	73
Прогнозирование эндогенных полезных ископаемых, связанных с формациями ультраосновных щелочных пород и кимберлитов (итоги работы группы № 2). (И.Я.Дядькина, В.А.Милашев)	85
Прогнозирование эндогенных полезных ископаемых, связанных с формациями средних и умеренно кислых пород (итоги работы группы № 3). (И.Г.Павлова, О.К.Ксенофонтов, Ю.П.Рождественский)	95
Прогнозирование эндогенных полезных ископаемых, связанных с формациями кислых и ультракислых пород (итоги работы группы № 4). (В.К.Денисенко)	107
Прогнозирование эндогенных полезных ископаемых различных формационных типов (итоги работы группы № 5). (В.И.Бергер, С.Д.Шер при участии Н.И.Бородаевского и Н.А.Фогельман)	112
Прогнозирование полезных ископаемых, связанных с корами выветривания (итоги работы группы № 6). (Б.М.Михайлов)	125
Прогнозирование эндогенных полезных ископаемых осадочного происхождения (итоги работы группы № 7). (В.С.Домарев, Э.И.Кутырев)	129
Прогнозирование колчеданно-полиметаллических месторождений, связанных с эффузивно-интрузивными формациями (итоги работы группы № 8). (В.И.Васильев, М.Б.Бородаевская)	134

ИТОГИ СОВЕЩАНИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ

"Основы научного прогноза месторождений рудных и
нерудных полезных ископаемых"
(14-17 декабря 1971 г.)

Редактор Н.И.Домнич
Технический редактор Т.В.Гвоздева
Корректоры Л.В.Белова, Ю.И.Майшева

М-07673 Подп. в печать 13/ХП-1972 г. Объем 9,9 печ.л.
Тираж 1000 экз. Цена 70 коп. Заказ № 96

ПКОП ВСЕГГИ, Ленинград

Цена 70 коп.

437