

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР  
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ.

ЦЕНТРАЛЬНОЕ ПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ГОРНОГО ОБЩЕСТВА,  
МОСКОВСКОЕ ПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ГОРНОГО ОБЩЕСТВА.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ  
ВСЕСОЮЗНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
"НОВЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ,  
ИЗУЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ"

СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ, МЕТОДОВ ПОИСКОВ, ИЗУЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОЛОВА, ВОЛЬФРАМА, МОЛИБДЕНА, ЧЕРНЫХ  
МЕТАЛЛОВ И БОКСИТОВ

31 марта - 2 апреля 1975 года.

Москва, 1975

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР  
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ.

ЦЕНТРАЛЬНОЕ ПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ГОРНОГО ОБЩЕСТВА,  
МОСКОВСКОЕ ПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ГОРНОГО ОБЩЕСТВА.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ  
ВСЕСОЮЗНОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ  
"НОВЫЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ,  
ИЗУЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ"

СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ, МЕТОДОВ ПОИСКОВ, ИЗУЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОЛОВА, ВОЛЬФРАМА, МОЛИБДЕНА, ЧЕРНЫХ  
МЕТАЛЛОВ И БОКСИТОВ

31 марта - 2 апреля 1975 года.

Москва, 1975

# СО Д Е Р Ж А Н И Е

## Раздел I

Стр.

### ГЕОЛОГИЯ, МЕТОДЫ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОЛОВА, ВОЛЬФРАМА, МОЛИБДЕНА И ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ

- С.Б.Могилёвкин (ВИМС). Характерные особенности околорудных изменений вмещающих пород Бом-Горхонского вольфрамового месторождения (Западное Забайкалье)..... 11
- К.Д.Сулейманов (Джезказганская ГРЭ). Зональность редкометального оруденения в пределах Арганатинского интрузивного массива..... 13
- Б.Н.Бандример (МГРИ). О вольфрамовой минерализации на одном из редкометальных месторождений Западного Узбекистана..... 15
- Э.А.Усмоналиев, М.А.Азимов (САИГИМС). Некоторые структурные условия размещения вольфрамового оруденения в пределах Гарор-Гиждарвинского грабена..... 17
- К.Д.Сулейманов (Джезказганская ГРЭ). Связь эндогенного оруденения с гранитоидами формации малых глубин Арганатинского массива..... 19
- Г.П.Токсубаева, А.И.Пантелеев (ВИМС). О составе и возрасте интрузивных пород Гуджирского комплекса и связанного с ним оруденения (на примере Западного Забайкалья)..... 20
- Е.Е.Абрамова (ИГЕМ). Неоднородность плиоценовых базальтов Приморья как один из магматических признаков сквозных зон и продуктивных узлов в их пределах..... 22
- Л.С.Сушинский, Л.М.Крикунова (САИГИМС). Роль складчатых и разрывных структур в размещении шеелитоносных скарнов Каратюбинского района (Западный Узбекистан)..... 24
- В.А.Богач (Джезказганская ГРЭ). Особенности молибден-вольфрамового оруденения в районе Сарысу-Тенизского поднятия..... 26
- Ю.П.Кастрыкин, М.А.Белобородов, С.В.Данилов (Аэрогеология). К методике поисков месторождений молибдена в закрытых районах Станового хребта. (На примере месторождения "Бадис")..... 28
- А.В.Лушаков (ВИМС). Сравнительная характеристика рудотносно-россыпных узлов Чохгуро-Чокурдахского района Якутской АССР..... 30
- В.Ф.Ефимов (ВИМС). Критерии крупномасштабных поисков оловянного оруденения на восточном побережье Чаунской Губы..... 32
- Н.К.Фархулин (Красноярское ТГУ). Перспективы олово-вольфрамового оруденения центральной части Енисейского Кряжа..... 35
- В.А.Архангельская, А.Л.Зенякин (Аэрогеология). Структурно-магматические факторы контроля оловоносности юго-западной части Куйдусунского вулканогенного поля..... 37

А.К.Руб (ВИМС). Минералого-геохимическая зональность редкометалльно-оловоносных гранитов и использование ее при поисках и оценке месторождений (на примере одного из районов Дальнего Востока).....	39
А.Е.Силаев (ВИМС). О развитии богатых редкометалльных кварц-полевшпатовых метасоматитов по породам повышенной основности.....	41
Н.В.Еремеев (ИГЕМ). Вулкано-плутоническая ассоциация Таласского Алатау, поведение в ней редких элементов и ее оруденение.....	43
М.Б.Федоренко (ВИМС). Определение формационной принадлежности известковых скарнов для локального прогнозирования и поисков связанного с ними оруденения.....	44
М.К.Суханов (ИГЕМ). Базитовый магматизм центральной части Главного хребта Большого Кавказа в связи с вопросами оруденения.....	46
А.А.Цветков (ИГЕМ). Мезозойские трахиты междуречья Чегем-Чврек на Северном Кавказе в аспекте их металлогении и практического использования.....	47
Ю.В.Карякин (ВИМС). Применение концепции тектоники плит к эволюции древних регионов.....	49
В.Г.Орлов (ВИМС). Оценка молибденового оруденения по его вторичным ореолам рассеяния в элювио-делювии (на примере месторождений Центрального Казахстана и Восточного Забайкалья).....	51
В.Д.Мосунов (ВИМС). "Некоторые вопросы применения морфоструктурного анализа при крупномасштабной геологической съемке (на примере Нерюндинского железорудного месторождения)".....	52
В.С.Тарасенко (ИМП МГ УССР). "Новые формационные типы железных руд Украины".....	55
Э.А.Ванчугов (КазИМС). "К геолого-геофизической оценке перспектив по железу Казахстанской части Рудного Алтая".....	57
В.Б.Баторин (ВИМС). Определение глубины залегания верхней кромки возмущающих масс по гравитационным и магнитным аномалиям.....	59
М.М.Казанцев (КазИМС). "Новые данные о морфологии рудных тел и залежей хромитовых месторождений "Миллионное" и Алмаз-Жемчужина" (Кемпирсайский массив гипербазитов, Южный Урал)".....	62
И.Г.Резников (Красноярское ТГУ). "Комплексная методика поисково-оценочных работ на железные руды, применительно к месторождениям Вост.Саяна".....	63
А.А.Лекерова (ИГН АН Каз.ССР). "Элементы крупномасштабного прогнозирования по литогеохимическим данным".....	65

Р.М.Лобацкая (Вост.Сиб.НИИГГИМС). "Использование количественных параметров разломов для прогнозной оценки рудоносности площадей".....	66
В.К.Волков (Аэрогеология). "Особенности методики поисков полезных ископаемых при Групповой геологической съемке (ГГС) масштаба 1:200000".....	68
Л.Г.Филимонова (ИГЕМ). "Об аддитивных вторичных ореолах рассеяния, как индикаторе региональных рудоконцентрирующих структур".....	70
А.А.Беллев, Л.Г.Филимонова (ИГЕМ). "К вопросу о взаимосвязи аддитивных вторичных ореолов рассеяния и масштабов оруденения".....	72

## Раздел II

## ГЕОЛОГИЯ, ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ РУД, МЕТОДЫ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОКСИТОВ

А.Е.Живкович (ВИМС). О некоторых закономерностях залегания бокситов в геосинклинально-складчатых областях (на примере Урала).....	77
А.Е.Живкович, А.А.Коломенский (ВИМС, МГУ). Об одной из фаций ниже-среднедевонского рифового комплекса западного склона Среднего Урала.....	80
В.А.Цыганов (ВИМС). К вопросу о применении геохимических методов при поисках бокситов.....	81
В.А.Иванов (ВИМС). Тектонические условия заполнения эрозионных и карстовых форм на примере меловых бокситовых месторождений восточного склона Среднего Урала.....	83
А.К.Ивченко (Аэрогеология). Некоторые вопросы палеогеографии Тимана на позднедевонское время в связи с перспективами поисков новых месторождений бокситов.....	84
М.Н.Репина, Т.П.Мамонтова (ВИМС). Особенности вещественного состава бокситов Векал-Ворыквинского месторождения Среднего Тимана и продуктов их выщелачивания.....	86
В.В.Пенский (МГРИ). Особенности минералого-технологических свойств бокситов на примере Векал-Ворыквинского месторождения (Средний Тиман).....	88
А.А.Чехович (ВИМС). Этид по петрохимии базальтов Среднего Тимана в связи с условиями их залегания в бокситоносных отложениях.....	90
В.И.Петренко (ДОПИ). Дотульская кора выветривания фаненских пород на Южном Тимане.....	92
Р.С.Контарович, Д.В.Сургай (ВИМС). Возможности комплексных аэрогеофизических исследований при поисках бокситов на Среднем Тимане.....	94
В.Г.Спунгин (ВИМС). Возможности метода ВЭЗ при поисках бокситов на Среднем и Северном Тимане.....	95

	Стр.
Т.А.Дубова (ВИМС). Петрофизическая характеристика района бокситовых месторождений.....	97
А.А.Генкель (ВИМС). Применение Аэрозлектроразведки методом ДИП-А в целях геологического картирования при поисках бокситов в р-нах Полярного Урала.....	99
А.Л.Анискин (ВИМС). Усовершенствование методики электро-разведочных работ методом ПЭЭП при структурных исследованиях (на примере бокситоносных площадей Ивдельского района восточного склона Северного Урала).....	101
М.Л.Белобородов (ВИМС). Некоторые методические вопросы составления прогнозных карт по комплексу геолого-геофизических данных.....	102
И.И.Орлова (ВИМС). К методике применения аэрофотоснимков при поисках месторождений бокситов различных морфологических типов.....	104
Г.А.Лучина. О возможности применения геоморфологических карт при поисках и оценке сохранности бокситоносных отложений.....	106
В.Н.Вильшанский (ВИМС). Закономерности размещения бокситоносных отложений в восточной части Иркинеевского выступа..	108
Д.Е.Кустов (ВИМС). История формирования морфоструктур Нижнего Приангарья и их бокситоносность.....	109
В.Л.Косоруков (ВИМС). Бокситопроявления на междуречье рек Май и Ингили.....	111
Р.Г.Гоберман, В.И.Мамедов (ВИМС). Геохимические особенности эндогенного процесса на Ново-Бурановском бокситопроявлении.....	113
Г.В.Гадкина (ВИМС). Опыт определения перспектив бокситоносности отложений по результатам палеогеографического анализа.....	115

### Раздел III

#### МИНЕРАЛОГО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Н.Ю.Якубовская (ВИМС). Применение термоманнитного анализа при исследовании осадочных горных пород.....	119
М.В.Петропавлов (ВИМС). Радиационные процессы в полифосфатном регуляторе при воздействии $\gamma$ -облучения.....	120
Л.Т.Раков (ВИМС). Кинетика восстановления некоторых электронно-дырочных центров в кварце.....	122
Л.Т.Раков (ВИМС). Моделирование природного радиационного облучения.....	123
Т.В.Ткачева (ВИМС). Разработка физических основ фазового анализа железосодержащих компонентов бокситов с помощью метода ядерного гамма-резонанса (эффект Мессбауэра).....	124

	стр.
А.Н.Урманова, Г.Г.Гончаров, Ю.Е.Сутырин (ВИМС). Количественный фазовый анализ продуктов технологической переработки бокситов комплексом физических методов (дифрактометрия и термография).....	126
А.А.Иванова (ИГН АН Каз.ССР). Люминесцентная микроскопия как экспресс-метод изучения минералов бокситов.....	128
Р.Н.Юдин (ВИМС). О возможности определения температур декрепитации термогравиметрическим методом.....	129
Т.А.Бабкина (ИГН АН КазССР). Изучение возможностей изотопного спектрального анализа геологических объектов.....	130
И.Д.Сегал, Л.В.Воробьева (САИГИМС). Статистическое планирование эксперимента в спектральном анализе.....	131
В.К.Гаранин, В.А.Жилыева, Г.П.Кудрявцева (МГУ). Коэрцитивные спектры как метод изучения структурных особенностей ильменитов.....	133
О.Г.Кошевой (ИГН АН Каз.ССР). К вопросу повышения точности масс-спектрометрических определений изотопных отношений элементов при однолучевом методе измерений.....	134
Л.Г.Добжанская (ВИМС). О возможности использования эффекта генерации второй гармоники излучения лазера в минералогии.....	136
Г.Г.Евсевичева (ВИМС). О применении диэлектрической проницаемости при формационном анализе.....	136
А.К.Руб, А.И.Пантелеев (ВИМС). О возможности использования рубидиевых слюд для датирования возраста редкометаллических перматитов.....	137
В.С.Тимофеева, С.Б.Могилёвкин (МГУ, ВИМС). О зональности отложения висмутовой минерализации в главной рудной жиле Бом-Горхонского вольфрамового месторождения (Западное Забайкалье).....	139
Н.Г.Гладков (ИГЕМ АН СССР). Акцессорный апатит гранитоидов как индикатор их потенциальной вольфрамоносности.....	141

### Раздел IV

#### ОБОГАЩЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ РУД

Л.Г.Симакова, Г.Г.Гончаров (ВИМС). К вопросу о поведении шамозита в процессе Байера.....	147
В.И.Зубарев, Г.Г.Гончаров (ВИМС). Рациональная схема переработки высококремнистого сырья на глинозем.....	148
Л.М.Морозова (ВИМС). О методах удаления сидерита из каолинит-гидроаргиллитовых бокситов.....	150
В.И.Льбимова, Л.М.Шишкова (ВИМС). Селективная флокуляция высокодисперсных бокситов.....	151

	Стр.
В.Е.Лиференко, Т.В.Башлыкова (ВИМС). Исследования обогатимости железистых бемитовых бокситов Среднего Тимана.	153
Л.Г.Симакова (ВИМС). Изучение спекания гранулированной шихты из красного шлама Павлодарского алюминиевого завода...	154
Т.С.Подчайнова (ВИМС). Исследования по обогащению и переработки труднорастворимых оловянных руд скарнового типа.....	156
В.А.Семенова (ВИМС). Исследования по разработке схем обогащения оловянных труднообогатимых руд.....	157
Е.С.Бронницкая (ВИМС). К вопросу о применении метода математического планирования при флотации шфалерит-швели-товых руд.....	159
С.И.Иванков (ВИМС). Исследования по флотационному обогащению комплексных полиметаллических швелитовых руд месторождения Майхура.....	160
Н.С.Михайлова (ВИМС). Кинетика ионообменного выщелачивания вулканического стекла.....	161

#### Раздел У

#### ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В.А.Воронин, М.И.Сидякин, И.Ю.Полозова (ВИМС). Опыт геолого-экономической оценки месторождений олова скарнового типа на ранних стадиях изученности (на примере месторождения Кителя) .....	167
А.М.Шусторович (ВИМС) Об учете различных групп параметров в задачах распознавания образов .....	169
Л.Г.Мергулис (ВИМС). Построение линейного прогноза ранговой хар-ки по набору показателей.....	171
В.Л.Брискин (ВИМС). Программа, обрабатывающая результаты измерений, полученных на квантометре КРФ-II.....	172
И.Р.Домбровская (ВИМС). Построение прогнозных карт с использованием дискриминантного анализа.....	173
В.М.Любошиц (ВИМС). Применение метода сеток к решению прямых задач электроразведки постоянным током.....	174
В.Л.Брискин (ВИМС). Выявление аномальных участков территории по набору показателей и их связей.....	175

## РАЗДЕЛ I

### ГЕОЛОГИЯ, МЕТОДЫ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ОЛОВА, ВОЛЬФРАМА, МОЛИБДЕ- НА И ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОКОЛОРУДНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ  
ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД БОМ-ГОРХОНСКОГО ВОЛЬФРАМОВОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

1. На генезис метасоматитов, сопровождающих кварц-гбнерит-сульфидные жилы Бом-Горхонского и Холтасонского месторождений, существуют две различные точки зрения. Так И.И. Кушнарев (1954), М.М.Повилайтис (1960) и В.И.Игнатович (1965) считают околожильные изменения Холтасонского месторождения – березитами. В противоположность им, А.Ф.Коржинский (1958, 1967) и Д.О.Онтсов (1966, 1969, 1970), детально изучавшие эти метасоматиты, пришли к выводу, что их можно рассматривать как своеобразные грейзены, образующиеся при околорудном изменении пород более основного, чем граниты, состава. Д.О.Онтсов (1969) считает, что подобные образования являются промежуточными между типичными грейзенами и березитами. Околожильные изменения этого западного участка Бом-Горхонского месторождения описывались Л.Н.Шмураевой (1970), которые ей определяются, как грейзены.

С целью выявления характерных особенностей околожильных метасоматитов, нами было проведено детальное изучение их на Бом-Горхонском месторождении и, для сравнения, изучены околожильные изменения по нескольким разрезам на Холтасонском кварц-гбнерит-сульфидном месторождении.

2. Кварц-гбнерит-сульфидные жилы Бом-Горхонского и Холтасонского месторождений приурочены к дальним экзоконтактам лейкократовых гранитоидов, расположенных в центральных частях гранитных массивов, с которыми связано оруденение. Основными минералами рудных жил, указанных месторождений, являются: кварц, гбнерит, пирит, сфалерит, мусковит (серицит), фосфаты (апатит, триплит), минераль висмута, в переменных количествах присутствуют шеелит, халькопирит, галенит, пирротин, блеклая руда, флюорит, родохрозит и ряд других минералов.

3. Изменения пород, сопровождающие рудные жилы собственно Бом-Горхонского месторождения, представлены двумя разновидностями грейзенов: 1) по породам гранитного состава, 2) по гибридным породам среднего состава и дайкам диоритовых порфиритов. Наибольшее развитие имеют околожильные грейзены по крупнозернистым порфировидным биотитовым гранитам. Мощность их колеблется от нескольких см до 2-3 м, в среднем составляя 10-15 см. В разрезе околожильных грейзенов по гранитам, от внешней зоны изменения к внутренней, выделяются четыре, реже пять зон, образующих следующую метасоматическую колонку: 1) неизменный биотитовый гранит (Кв+Ми+Пл+Би+Сф+Мт+Ап+Мус+Пт); 2) слабо грейзенизированный гранит (Кв+Ми+Пл+Хл+Аб+Мус+Сф+Пт+Фл); 3) интенсивно грейзенизированный гранит (Кв+Ми+Мус+Фл+Пт); 4) мусковит-кварцевый грейзен (Кв+Мус+Фл+Пт); 5) кварц-мусковитовый грейзен (Мус+Кв+Фл+Пт); зона кварц-мусковитового грейзена встречается довольно редко.

Отличительной чертой процесса грейзенизации пород гранитного состава является почти полный вынос  $\text{Na}_2\text{O}$ , заметное уменьшение  $\text{SiO}_2$  и слабое изменение содержания  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Наблюдается значительный привнос  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , летучих компонентов (фтора, серы и воды), а также редких щелочей и рудных элементов. Привнос химических компонентов резко преобладает над выносом.

Химизм процесса околожильного изменения пород среднего состава, в главных своих чертах, близок к процессу грейзенизации гранитов; отличие в поведении ряда компонентов объясняется различием состава вмещающих пород.

4. Измененные породы около кварц-гюбнерит-сульфидных жил Холтасонского месторождения (по А.Ф.Коржинскому, Д.О.Онтоеву и нашим данным), в наиболее полном виде, от внешних зон к внутренним, имеет следующую зональность: кварцевый диорит, обычно хлоритизированный и эпидотизированный кварц-флюорит-серицит-биотитовая зона шириной 1-2 см кварц-пирит-флюорит-серицитовая зона - флюорит-сери-

цитовая зона - жильный кварц. Флюорит-серицитовая внутренняя зона в флюорит-серицит-биотитовая внешняя зона встречаются далеко не всегда.

Расчет баланса движения вещества показывает, что  $\text{Na}_2\text{O}$  выносится почти полностью, уменьшается содержание  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  иногда  $\text{CO}_2$ . Значительный привнос испытывают  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и отмечается интенсивный привнос фтора и серы. Увеличивается содержание в грейзенах Rb, Cs и рудных элементов W, Sn, Mo, Zn и др.). Привнос химических компонентов на 5-7% превышает вынос.

5. Таким образом, околожильные изменения вмещающих пород Бом-Горхонского и Холтасонского кварц-гюбнерит-сульфидных месторождений являются своеобразными грейзенами и характеризуются следующими специфическими чертами:

а) независимо от состава вмещающих пород, почти полный вынос испытывает лишь  $\text{Na}_2\text{O}$ ;

б) установлен значительный привнос  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ , F, S и  $\text{H}_2\text{O}$ ;

в) увеличивается содержание в грейзенах редких щелочей (Rb, Cs) и рудных металлов (W, Sn, Mo, Zn и др.);

г) осаждение химических компонентов в зонах грейзенизации преобладает над выщелачиванием;

д) близость химизма процессов грейзенизации в гранитах и породах среднего состава свидетельствует о том, что своеобразие околожильных метасоматитов, сопровождающих кварц-гюбнерит-сульфидный тип оруденения, обусловлено влиянием состава вмещающих пород, а генетическими особенностями этого типа оруденения.

К.Д.Сулейманов  
(Дзезказганская ГЭС)

#### ЗОНАЛЬНОСТЬ РЕДКОМЕТАЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ АРГАНАТИНСКОГО ИНТРУЗИВНОГО МАССИВА

В поздневарисских субщелочных гранитах Арганатинского массива снизу вверх выделяются 5 зон метасоматического из-

менения пород, обусловленных процессами высокотемпературного послемагматического метасоматоза:

1) зона ранней микроклинизации (циркон);

2) зона ранней альбитизации с тантал-ниобиевой минерализацией (тантало-ниобаты, тантало-колумбиты, эшинит, ампонгабит, цитролит, циркон, касситерит, шеелит, паризит, ксенотим, малакон, сфен, флюорит);

3) зона окварцевания с кварц-молибденовой минерализацией (молибденит, пирит, халькопирит, флюорит, циркон, ксенотим, тантало-колумбиты);

4) зона грейзенизации с кварц-молибден-вольфрамовой минерализацией (молибденит, вольфрамит, шеелит, висмутин, касситерит, халькозин, галенит, сфалерит, пирит, флюорит, топаз);

5) кварц-серицитовая зона с оловянным оруденением (касситерит, флюорит, галенит, сфалерит, висмутин, халькопирит, халькозин, индий- и серебросодержащий галенит).

Такая метасоматическая и рудная зональность обусловлена не только закономерным падением температуры и давления (Эмонс, 1924); прерывистостью поступления растворов на фоне трещинообразования (С.С.Смирнов, 1937), последовательно развивающегося в направлении от массивов в сторону вмещающих пород, но также и эволюцией рудоносных растворов в пространстве и во времени с постепенным возрастанием потенциалов калия, натрия, кремнезема, строго подчиняясь схеме А.А.Беуса (1962, 1963).

Установленные закономерности вертикальной зональности редкометалльного оруденения и сопровождающего его околохильного изменения весьма важны для познания процессов рудоотложения и могут оказать большую пользу при поисках и оценке месторождений, примером которых могут служить рудопроявления штокверкового типа (Актау-Арганаьтский, Хильный) выявленные нами в последние годы.

Б.Н.Бандример  
(МГРИ)

#### О ВОЛЬФРАМОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ НА ОДНОМ ИЗ РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИИ ЗАПАДНОГО УЗБЕКИСТАНА

В геологической литературе отмечено частое нахождение шеелита в рудах малосульфидных редкометалльных месторождений, но детальных работ по изучению подобной минерализации нет. Рассматриваемый объект пока единственный, где шеелит будет излекаться как попутный компонент комплексных редкометалльно-вольфрамовых руд. Частое совмещение шеелитовой и редкометалльной минерализации на месторождениях Южного Тянь-Шаня и Урала, по-видимому, должны заставить произвести ревизию всех известных шеелитовых объектов этих регионов и должны учитываться при проведении поисковых работ.

Изучаемое месторождение представляет собой редкометалльный штокверк сульфидных прожилков. Возраст оруденения герцинский. Вмещающие терригенные породы, содержащие пропластки карбонатных пород, подвергнуты термальному контактовому метаморфизму также герцинского возраста. Источником метаморфизма предполагается крупный интрузивный массив, расположенный на глубине 1,5-2 км от современной поверхности и подтверждаемый геофизическими данными. По комплексу минералого-геохимических признаков и по данным термобарометрии процесс формирования штокверка проходил в три этапа. В ранний этап локализовались жилы и прожилки кварца, образовавшие "структурный каркас" месторождения, сопровождающиеся кварц-кальциевыми метасоматитами и прожилково-вкрапленной шеелитовой минерализацией. Затем, после внедрения внутрирудных даек пестрого состава, обособились минеральные агрегаты редкометалльно-сульфидного этапа, большей частью наложившиеся на ранние кварц-шеелитовые тела. Поздний этап включал в себя кварц-серебросульфосолеву минерализацию и характеризуется чертами близповерхностного генезиса.

Последовательность минералообразования для раннего вольфрамоносного этапа минерализации была следующая: кварц кпш (околотрещинные метасоматиты) крупнозернистый кварц (жилы и прожилки) белый кальцит серицит+хлорит+шеелит пирротин+халькопирит (прожилково-вкрапленная минерализация). Наиболее благоприятной средой для отложения шеелита являлись ксенолиты вмещающих пород в кварце, участки интенсивного окварцевания и пропластки первично карбонатных пород, измененных контактовым метаморфизмом до кальцит-актинолитовых скарноидов.

Наряду с развитием прожилково-вкрапленной шеелитовой минерализации, лишенные ее кварц-калшпат-биотитовые роговики характеризуются концентрациями вольфрама в 2-3 раза превышающими его содержание в первичных терригенных породах. Возможно, что это связано с проявлением, отмеченных в отдельных шлифах, мелкозернистых топаз-мусковитовых образований типа грейзенов, докварцевого возраста.

В распределении на месторождении шеелитовой и редкометалльно-сульфидной минерализации отмечаются определенные черты зональности, относимой нами к полиасцендентному типу и связанной с особенностями развития внутрирудной тектоники.

Шеелитоносный штокверк раннего этапа редкометалльного месторождения обладает многими сходными чертами с кварц-шеелитовыми штокверковыми месторождениями Казахстана (Верхнее Кайракты и др.).

Пространственное совмещение шеелитовой и редкометалльной минерализации на многих месторождениях Урала, Западного Узбекистана, Таджикистана, по нашему мнению, свидетельствует о закономерной связи этих металлов в пределах всего Урало-Тяньшаньского пояса герцинид.

Э.А.Усмоналиев, М.А.Азимов  
(САИГИМС)

#### НЕКОТОРЫЕ СТРУКТУРНЫЕ УСЛОВИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ВОЛЬФРАМОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ТАРОР- ГИЖДАРВИНСКОГО ГРАБЕНА

Тарор-Мосрифское рудное поле находится в Центральном Таджикистане. Интрузивные породы обнажаются среди карбонатно-терригенных отложений палеозоя в виде штока на всем протяжении всего рудного поля. Месторождение приурочено к диагональной структуре типа грабена - так называемый Тарор-Гиждарвинский, который имеет вго-восточное простирание. Грабен сопровождается серией оперяющих крупных и мелких разрывных структур, в результате которого структура месторождения разделена на ряд тектонических блоков, смещенных относительно друг друга.

Ось грабена полого воздымается в северо-западном направлении и ундулирует вследствие следующих поперечных прогибов и поднятий: Чинорсайское поднятие, Тарорский прогиб, Гиждарвинское поднятие, Мосрифский прогиб, Бару-Захонинское поднятие и Сарыматский прогиб. Там, где поперечные поднятия сочетаются с диагональным грабеном, последние называются наиболее приподнятыми. Вследствие этого в центральной части, особенно ближе к границам поперечных структур обнажаются интрузивные породы, как это имеет место в Чинорсайской, Гиждарвинской, Бару-Захонинской поднятиях. Таким образом, критериями наиболее вероятного обнаружения неглубоко залегающих интрузивных тел являются:

1. диагональная структура (Тарор-Гиждарвинский грабен), осложненная поперечными поднятиями;
2. места интенсивного развития гидротермальных изменений (вторичные кварциты, скарнирование, серпентинизация и т.д.);
3. крылья поперечных структур;
4. участки ограничивающих грабен диагональных разломов с несколько большими азимутами простирания.

Анализ структуры Тарор-Гиддарвинского грабена показывает, что наиболее вероятными участками для обнаружения неглубокозалегающих интрузивных тел являются: 1. площадь Чинарсайского поднятия; 2. юго-восточное крыло Тарорского прогиба; 3. юго-восточное крыло Вару-Заханинского поднятия; 4. юго-восточное крыло Гиддарвинского поднятия.

В пределах Тарор-Гиддарвинского грабена расположены все известные месторождения и рудопроявления вольфрама, приуроченные к контакту интрузива с карбонатно-терригенными породами.

Размещение оруденения в пределах грабена зависит от двух основных групп факторов - литологических и структурных.

Литологический фактор выражается в том, что подавляющая масса оруденения заключена в скарнах, которые формировались в известняках аргской свиты нижнего силура. В местах соприкосновения этих известняков с интрузивными породами, при благоприятных структурных условиях следует ожидать развитие залежей скарнов.

Структурный фактор. Разломы продольно и кососекущие оси складок создают наиболее благоприятные условия для скарнообразования.

Наиболее благоприятными формами контактовой поверхности являются: сводовые части мелких антиклинальных и синклинальных структур, пологие участки контактовой поверхности интрузива, места пересечения поверхностей разломами, которые оказались приоткрытыми во время минералообразования.

Таким образом, проведенные исследования могут быть использованы при оценке перспектив рудного района.

## СВЯЗЬ ЭНДОГЕННОГО ОРУДЕНЕНИЯ С ГРАНИТОИДАМИ ФОРМАЦИИ МАЛЫХ ГЛУБИН АРГАНАТИНСКОГО МАССИВА

Проведенные нами геофизические, геохимические, минералого-петрографические исследования позволили впервые в восточной части Арганатинского поднятия (западная часть Центрального Казахстана) выделить рудоносные гранитоиды формации малых глубин; уточнить глубинные контуры; выявить особенности внутреннего строения и показать структурно-пространственную и генетическую связь всех рудопроявлений и месторождений молибдена, вольфрама, редких и цветных металлов с этими гранитоидами.

Арганатинский массив является полихронным, состоящим из двух разновозрастных гранитоидов формации малых глубин: ранневарисский (краевая зона) и поздневарисский (внутренняя зона). Он образовался на посторогенном этапе их развития и пространственно приурочен к узлу сочленения меридионального Арганатинского и субширотного Сарысу-Тенизского поднятия, в зоне Восточно-Удутауского глубинного разлома. Массив развивался в условиях проявления решетчатой блоковой тектоники.

О связи оруденения с развитием полихронного Арганатинского интрузивного массива свидетельствует следующее:

1. Пространственная связь всех выявленных рудопроявлений с интрузивными породами описываемого массива. Во внутренней зоне массива, в пределах контура аляскитовых гранитов, а также в их надинтрузивных ореолах размещены рудопроявления редких металлов, молибдена, вольфрама. В пределах краевой зоны массива - рудопроявления золота и цветных металлов.

2. Четко проявленная металлогеническая специализация. Для ранневарисского интрузивного комплекса - Au-Cu-Re, а для поздневарисских - Mo-W-Ta-Nb-Sn-Bi - специализация.

3. Горизонтальная и вертикальная зональность, наблюдающаяся в расположении различных по составу интрузивных телах массива и связанные с ними различные типы постмагматических образований, сопровождающиеся определенным типом эндогенного оруденения.

4. Богатство гранитоидов летучими компонентами (фтором) и рудными элементами (Mo, W, Sn, Nb, Ta, Bi, Y, Yb, Re, Cu, Pb, Au).

5. Наличие миароловых пустот, в которых, наряду с породообразующими минералами, присутствуют минералы, содержащие летучие компоненты (флюорит), а также рудные минералы (касситерит, молибденит, галенит, берилл, висмутин).

6. Сходный состав аксессуарных минералов пород, слагающих интрузивные тела с минеральным составом рудных тел.

Выявленная эндогенная зональность, а также пространственная и генетическая связь эндогенного оруденения с интрузивными породами Арганатинского массива отображает существенную закономерность в размещении месторождений полезных ископаемых описываемого района. Такая закономерность позволила нам выделить перспективные площади на поиски месторождений цветных и редких металлов.

Г.П.Токсубаева, А.И.Пантелеев  
(ВИМС)

#### О СОСТАВЕ И ВОЗРАСТЕ ИНТРУЗИВНЫХ ПОРОД ГУДЖИРСКОГО КОМПЛЕКСА И СВЯЗАННОГО С НИМ ОРУДЕНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ).

Гуджирские граниты были впервые описаны М.В.Бесовой, в ассоциации с которыми ею было открыто Джидинское месторождение. Позднее П.И.Налетовым был выделен гуджирский интрузивный комплекс.

Гуджирские граниты пространственно приурочены к зонам крупных разломов длительного развития, возникших еще в эпоху каледонской складчатости и возобновившихся, вероятно, в верхнепалеозойское и мезозойское время. Это

определило трещинный тип локализованных вдоль них интрузий, которые представляют собой небольшие тела отчетливо удлиненной формы.

В строении комплекса разные авторы выделяют до 5 фаз. Вместе с тем в последнее время все чаще указывается, что ранние образования единых интрузивов относятся к особому (бичурскому -  $T_2$ ) или малокуналейскому ( $J_1^2$ ) комплексу и лишь гранитоиды завершающих фаз правомерно относить к гуджирскому комплексу. Детальное изучение Бом-Горхонского массива, знакомство с рядом массивов этого комплекса в Западном Забайкалье и анализ литературных данных дает основание выделить в составе рассматриваемого комплекса следующие образования: а, ранние интрузивные породы невыдержанного состава с отчетливыми признаками гибридности - кварцевые диориты, гранодиориты, граносиениты и разновидности близкие к монцититам; б, биотитовые порфириновые граниты; в, средне- и крупнозернистые лейкократовые граниты, мелкозернистые лейкократовые граниты.

С гранитоидами этого комплекса на территории Западного Забайкалья связано молибденовое, вольфрамовое и редкометальное оруденения. В частности, в пространственной связи с гранитоидами этого комплекса находятся Джидинское, Булуктаевское и Бом-Горхонское промышленные молибдено-вольфрамовые месторождения, а также ряд сходных по составу рудопоявлений, что привлекает интерес исследователей к этому комплексу.

На основании результатов определения абсолютного возраста, с учетом опубликованных данных (всего 63 определения), установлено, что большинство интрузивных пород комплекса датируется возрастом 170-120 млн. лет. Внутри этого интервала отмечаются максимумы 170 и 140 млн. лет, которые возможно отвечают двум основным этапам становления комплекса.

В ранний этап широко проявились процессы гибридности и ассимиляции, что отражается в неравновесности системы и признаках надвтектической ранней кристаллизации избыточ-

ных минеральных компонентов свойственных гибридным породам невыдержанного состава Бом-Горхонского интрузива и кварцевым диоритам бассейна р.Киженги. В интрузивах, где отсутствуют признаки подобных явлений, в это же время образовались биотитовые граниты и лейкократовые граниты (морион-граниты Ямаровского и Эттейского интрузива). Во второй этап (140 млн. лет) в основном формировались лейкократовые граниты - более поздние дифференциаты магматических очагов.

По данным определения абсолютного возраста след околорудно измененных пород временной интервал рудного процесса охватывает 150-120 млн. лет. При этом наблюдается закономерность в распределении разного типа оруденения во времени: наиболее ранней является молибденовая минерализация (150-140 млн. лет); редкометальное оруденение определяется временем 140 млн. лет; вольфрамовое оруденение укладывается в интервал 130-120 млн. лет.

Е.Е.Абрамова  
(ИГЕМ)

#### НЕОДНОРОДНОСТЬ ПЛИОЦЕНОВЫХ БАЗАЛЬТОВ ПРИМОРЬЯ, КАК ОДИН ИЗ МАГМАТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ СКВОЗНЫХ ЗОН И ПРОДУКТИВНЫХ УЗЛОВ В ИХ ПРЕДЕЛАХ

Главные рудные месторождения Приморья представлены вольфрамовыми, оловянными, полиметаллическими и рядом других и в большинстве случаев имеют меловой - палеогеновый возраст.

Размещение наиболее крупных рудных объектов Приморья, как показали исследования М.А.Фаворской и И.Н.Томсона, связаны с несколькими сквозными структурами, которые были названы "рудоконцентрирующими". Изучение таких структур позволило установить ряд присущих им геологических и геохимических особенностей. Было показано, что они характеризуются длительностью развития, многократным и разным по составу магматизмом и контролируют размещение крупных рудных объектов, практически всех типов и возрастов.

Непосредственная локализация месторождений в рудоконцентрирующих структурах определяется узлами пересечения последних северо-восточными, меридиональными и северо-западными зонами нарушений.

Автором изучены плиоценовые базальты в одной из таких зон Южного Приморья - Маргаритовской, прослеживаемой от нижнего течения р.Маргаритовка на запад через верховья р.Партизан к п.Угловое.

Этой территории присущи разнообразные по составу комплексы вулканогенных пород с общей сменой от более однородных по кислотности (липариты, липарито-дациты, дациты) при морских вулканических сенон-датского возраста через гетерогенный комплекс липаритов-дацитов-анлезитов палеоцена к базальтоидам плиоцена.

С помощью комплекса геологических признаков при изучении этих образований (А.М.Курчавов) была выявлена определенная мозаичность, присущая каждому возрастному комплексу, контролируемая наличием многократно подновлявшихся зон магматической проницаемости разного направления. Наиболее выразительны из них северо-западные, субмеридиональные и субширотные, которые вписываются в общий рисунок этой структуры. Зональность подчеркивается различиями в облике однотипных пород, их химизме, минеральном составе, соотношением друг с другом. Проявляющаяся таким способом мозаичность позволяет, с одной стороны, фиксировать неоднородности в земной коре. С другой стороны, выявление черт сходства и отличия в однотипных породах в зависимости от их местоположения позволяет подметить и полнее осветить некоторые присущие им особенности строения и генезиса. Во многих местах зоны сопровождаются полями гидротермальной проработки пород, к которым приурочены повышенные содержания свинца, вольфрама, некоторых других элементов. Наиболее перспективные участки включают и плиоценовые базальты.

Детальное изучение этих базальтов позволило выявить

поля, отличающиеся между собой строением потоков, минеральным и химическим составом. Границы между ними имеют субширотную и северо-западную ориентировку. Встречающиеся здесь группы субвулканических жерловых тел базальтового состава имеют северо-западное простирание, что отчетливо проявляется в их форме и взаимном расположении.

Наиболее щелочные разности редки и приурочены к местам пересечения субширотных и северо-западных зон нарушений и, как правило, именно к тем участкам, которые были выделены как поля геохимических аномалий в меловых либо палеогеновых породах.

Таким образом, рядом геологических и петрографических особенностей толщи молодых базальтов, также выявляется зональность субширотного и северо-западного направления. Очевидно, подобная зональность была предопределена поступлением базальтового расплава на поверхность по ослабленным доживущим зонам.

Проведенная работа показала, что базальты можно использовать как для прослеживания сквозных зон, так и для выявления участков геохимических аномалий в их пределах.

Л.С.Суцинский, Л.М.Крикунова  
(САИГИМС)

**РОЛЬ СКЛАДЧАТЫХ И РАЗРЫВНЫХ СТРУКТУР В РАЗМЕЩЕНИИ  
МЕЛИТОНОСНЫХ СКАРНОВ КАРАТБИНСКОГО РАЙОНА  
(ЗАПАДНЫЙ УЗБЕКИСТАН)**

Каратбинский район - фрагмент многоэпиклиналиной раннегерцинской Зирабулак-Каратбинской структурно-формационной зоны; относится к внутренним геосинклинальным подъятиям. Отличительная особенность геологического строения района - широкое развитие продуктов интрузивного магматизма сиалического гранитоидного калиево-натриевого петрохимического профиля ( $C_3-R_1$ ). Вмещающие формации - терригенная, карбонатная, кристаллических сланцев и парагнейсов (-Д).

Скарны в соответствии с условиями их образования и минеральном составе дифференцированы на магнезиальные и известковые (В.Д.Остроенко и др., 1974). Более высокотемпературные метасоматиты формации собственно известковых скарнов представляют диффузионные метасоматические образования в контактах гранитоидов с вмещающими породами. Они формируются на площадях влияния пластических деформаций. Последние нередко осложнены секущими разрывными нарушениями, в связи с которыми образуются инфильтрационные межпластовые скарны. Более низкотемпературные апомагнезиальные известковые скарны формации магнезиальных скарнов представлены межпластовыми и межформационными телами и формируются в трещинах отслоения, отрыва, скалывания; чаще эти скарны расположены недалеко от контакта.

Немаловажное значение в локализации скарнов имеют складчатые и разрывные структуры первого и второго порядка - крылья антиклиналей, брахиантиклинальные складки, осложненные разломами, сопряжения разломов с оперяющими трещинами и зонами дробления и др. (табл. I). Ранние собственно скарновые ассоциации формируются благодаря влиянию разрывных структур; складчатым структурам принадлежит существенная роль в формировании более продуктивных апоскарновых ассоциаций.

Таблица I  
Количественная оценка относительного значения структурно-тектонических факторов формирования и локализации скарнов Каратбинского района

Факторы (позиция скарнов)	Количество скарновых полей (и оценка факторов, %)
1. Приосевые части антиклинория	5(15,1)
2. Крылья антиклиналей	27(81,1)
3. Крылья синклиналей	6(18,1)
4. Брахиантиклинальные складки, осложненные разломами	16(48,2)
5. Изгибы и ундуляции осей антиклинальных складок	3(7,5)

6. Замыкание антиклинальных складок	5(15,1)
7. Зоны влияния разломов субширотного простирания	23(72,7)
8. Зоны влияния разломов северо-западного простирания	6(18,1)
9. Разломы 2-3 порядка (и их сопряжения) различного направления с оперяющими трещинами и зонами дробления	18(54,5)
10. Надвиги	8(24,2)
11. Системы трещин в контактовом ореоле (деформированный контакт)	27(81,1)
12. Коробленная поверхность интрузивных тел, способствующая деформации контактирующих пород	8(24,2)
13. Сеть трещин в интрузивных породах, маркирующая гидротермальные изменения пород	27(81,1)
14. Напряженные зоны основания эрозионного выступа известняков	12(33,6)
15. Нормальное залегание пород	31(93,9)
16. Спрокинутое залегание пород	2(6,1)
17. Контактная поверхность интрузивных тел с осадочно-метаморфическими породами:	
а) вогнутая внутри интрузивных тел	6(18,1)
б) выпуклая внутри вмещающих пород	18(54,5)
в) изгибы	11(33,3)
г) пологий контакт	27(81,1)
д) крутой контакт	6(18,1)
18. Структуры межпластовых отслоений:	
а) в известняках	18(54,5)
б) в сланцах	5(15,1)

В. А. Богач  
(Дзезказганская ПТЭ)

#### ОСОБЕННОСТИ МОЛИБДЕН-ВОЛЬФРАМОВОГО И РЕДКОМЕТАЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В РАЙОНЕ САРЫСУ-ТЕНИЗСКОГО ПОДНЯТИЯ

В районе Сарысу-Тенизского поднятия геолого-геофизическими и геохимическими методами выявлено несколько рудо-

проявлений и точек рудной минерализации молибдена, вольфрама, редких металлов, пространственно связанных с верхнедевонскими гранитоидами Обалы-Кумкудукского интрузивного комплекса.

Наиболее детально особенности этого оруденения изучены на рудопроявлении Ламантас-2.

Рудопроявление расположено в области активного контакта лейкократовых гранитов Обалы-Кумкудукского интрузивного комплекса (Ламантасский массив) с вулканогенными породами нижнего-среднего девона. Граниты имеют стабильный минералогический состав, но отличаются большим разнообразием и частой перемежаемостью структурных фаций, что свидетельствует о весьма неглубоком уровне среза Ламантасского массива в районе рудопроявления. Базальтовые породы представлены дайками кислого состава и кварцевыми жилами. Протяженность кварцевых жил 5-300 м, мощность 0,1-0,7 м, простирание северо-западное. В жилах отмечаются повышенные содержания молибдена, вольфрама, олова, висмута, серебра, ниобия, иттрия. В альбандах кварцевых жил вмещающие граниты грейзенизированы, реже наблюдается маломощная грейзеновая оторочка.

Кроме кварцевых жил на рудопроявлении широко развиты метасоматические измененные породы (грейзены), простирающиеся вдоль южной эндоконтактной части гранитов на протяжении свыше двух км. Тела грейзенов имеют пластообразную форму, падение юго-восточное под углом 30-35°, согласно контакту гранитов с вулканогенными породами девона; они объединены в зону шириной 100-200 м, которая в плане совпадает с комплексными вторичными ореолами вольфрама, серебра, молибдена, свинца, висмута, олова, иттрия и с аномалией гамма-активности. Тела грейзенов имеют четкую метасоматическую зональность: гранит, грейзенизированный гранит, мусковит-кварцевый грейзен, кварцевый грейзен, и содержат рудные минералы: пирит, сфалерит, галенит, молибденит, ковеллин, торит, халькопирит, вольфрамит, вульфенит, пселит, бисмутит.

Отмечается уменьшение с глубиной мощностей грейзеновых тел и содержаний в них молибдена, вольфрама, ниобия, олова. Концентрации серебра, иттрия и висмута с глубиной повышается.

Наряду с характерными грейзеновыми рудными фациями (олово, вольфрам, молибден, висмут), на рудопоявлении присутствуют элементы редкометалльных альбититов или "апогранитов" (ниобий, цирконий) и полиметаллические элементы (свинец, цинк, серебро), достигающие промышленных концентраций в отдельных пробах. Это свидетельствует о многостадийности рудного процесса и, естественно, о телескопировании процессов рудообразования.

Установлено резкоаномальное содержание в грейзенах по сравнению с вмещающими гранитами молибдена, вольфрама, свинца, цинка, висмута, ванадия, ниобия. Эти элементы могут служить индикаторами молибден-вольфрамового оруденения типа рудопоявления Ламантас-2.

Поиски подобных и более крупных геологических объектов в районе Сарысу-Тенизского поднятия с успехом можно осуществлять в областях эндоконтактов гранитов Обалы-Кумдукского комплекса, ориентируясь на глубинные литогеохимические съемки закрытых площадей с обязательным гаммакаротажом скважин глубинных поисков.

Значительный эффект для усиления полезного сигнала при геохимических поисках может быть получен при использовании мультипликативных построений по погребенным ореолам рассеяния для элементов, выделенных в качестве элементов-индикаторов молибден-вольфрамового оруденения.

**Д. П. Каstryкин, М. А. Белобородов, С. В. Данилов**  
(Аэрогеология)

#### **К МЕТОДИКЕ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МОЛИБДЕНА В ЗАКРЫТЫХ РАЙОНАХ СТАНОВОГО ХРЕБТА (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ "БАДИС")**

Месторождение молибдена "Бадис" расположено в Стано-

вой складчатой области и приурочено к одному из широтных разломов, отделяющих архейские образования Алданского щита от нижнепротерозойских пород станового комплекса. Пространственно месторождение связано со штоком меловых гранодиорит-порфиров площадью около 3 кв. км.

Положение штока контролируется пересечением разноориентированных разломов, фиксируемых многочисленными дайками гранодиорит-порфиров и диоритовых порфиритов. В центре штока выделяется трубообразное тело взрывных брекчий.

На месторождении проявлены разные морфологические типы оруденения: штокверковое, прожилково-жильное и брекчиевое.

Кварц-молибденитовый штокверк развит по всей площади штока и в его экзоконтакте. Мощность прожилков доли сантиметра - первые сантиметры, количество - от 50 до 100 на 1 кв. м.

Субширотная прожилково-жильная зона мощностью 100-200 метров развита в южной приконтактной части штока. Мощность жил 10-30 см, плотность 10-30 на 10 пог. м.

Брекчиевые руды развиты в пределах трубообразного взрывного сооружения площадью около 0,3 кв. км. Обломки кварца, порфировых пород сцементированы тонкодробленным материалом, а также гранодиорит-порфирами. Эти породы в значительной степени сульфидизированы (пирит, халькопирит, молибденит и др. - до 5-10%), но с поверхности сильно выщелочены.

Обнаженность района слабая. Развита многолетняя мерзлота.

Проведенные на месторождении работы показали высокую эффективность комплексного применения геолого-геофизических методов при поисках и оценке проявлений молибдена в аналогичных природных условиях.

Предлагается следующий комплекс работ и последовательность их выполнения:

I. Площадные поиски масштаба I:2500 - I:10000.

а) Литохимическая съемка с учетом представительного горизонта опробования.

б) Магнитная съемка для получения кондиционной геофизической основы для составления геологической карты.

в) отдельные профильные пересечения для выбора оптимальных размеров установок электропрофилирования, режима работ и т.п.

г) Небольшой объем горных работ для картировочных целей, проверки геохимических и геофизических аномалий.

2. Поисково-оценочные работы в пределах участков, выявленных рудопроявлений.

а) Электроразведочные работы масштаба 1:10000 - 1:5000 (методами сопротивлений и ВП) для выявления поисковых геофизических признаков и, на этой основе, наиболее перспективных участков.

б) Поверхностные горные работы для вскрытия и опробования рудных тел, выходящих на поверхность.

в) Проходка опорных буровых скважин для выяснения поведения оруденения на глубину.

г) Прогнозная оценка рудопроявления на основе комплексного анализа геолого-геофизических данных.

А.В.Луцаков  
(ВИМС)

#### СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РУДНО-РОССЫПНЫХ УЗЛОВ ЧОХЧУРО-ЧОКУРДАХСКОГО РАЙОНА ЯКУТСКОЙ АССР

Под Чохчуро-Чокурдахским районом понимается субмеридиональная зона в пределах Приморской низменности, занимающая область главного водораздела рек бассейнов морей Лаптевых и Восточно-Сибирского.

Значительная мощность (до 10 м и более) рыхлых отложений затрудняет расшифровку внутреннего строения района. Однако на основе изучения материалов предшествующих исследований, данных геофизических работ, проведенных в последние годы Янской ГРЭ, а также шестилетних исследований группы ВИМСа, строение территории представляется в следующем виде:

1. В пределах Чохчуро-Чокурдахского района намечаются две области, имеющие существенные различия в пространственном размещении магматизма, его характера проявления в морфоструктуре территории и в современном эрозионном срезе.

Эти две области противопоставлены друг другу как: область крупных сводовых и сводово-купольных поднятий с развитым гранитоидным магматизмом и область умеренных и интенсивных опусканий со спорадическим магматизмом, проявленным в современной поверхности в виде изолированных локальных куполов.

Обе области заметно различаются также и по насыщенности их оловорудными и россыпными месторождениями.

2. По условиям питания, строению, истории развития в пределах района нами выделяются два типа рудно-россыпных узлов. Все известные в районе коренные месторождения и рудопроявления так же, как и перспективные промышленные россыпи, приурочены к малым куполам области спорадического магматизма. Это рудно-россыпные узлы чокурдахского типа.

В пределах сводов и крупных куполов в области развитого магматизма выделяются узлы максунухского типа, где насыщенность оловом не поднимается выше рассеянных рудных тел с убогой минерализацией и где даже в условиях значительного эрозионного среза массивов и благоприятной геоморфологической обстановки не обнаружено промышленно ценных концентраций олова в россыпях. Причина этого, как нам представляется, заключена в особенностях становления магматизма и связанной с ним минерализацией.

3. Рудным узлам максунухского типа свойственны следующие общие черты геологического и геоморфологического строения: присутствие крупных (до 200 км<sup>2</sup>) умеренно и интенсивно эродированных плитообразных гранитоидных массивов в разной степени дифференцированных и сопровождаемых эффузивными образованиями; наличие умеренного эрозионного рельефа с реликтами долинной сети; значительные размеры оловоносной площади при убогих концентрациях олова в рос-

сеянных рудных телах касситерито-силикатной формации. К узлам этого типа относятся Максунуохский, Хаарстанский, Хамнянский и Святоносский.

4. Рудные узлы - Чокурдахский, Чарпунинский, Зимовинский, Силирский, Чорчурский, Тенкелийский, а также, видимо, участки Шырча-Босхото и Таас-Таса выделены в чокурдахский тип узлов. Им свойственны следующие черты: приуроченность к крутосклонным куполам, связанным с малыми (25-30 км<sup>2</sup>) интрузивными телами типа диапиров, сопровождаемых в большинстве случаев наземными покровами эффузивов и едва вступившими в сферу денудационного среза; многофазное развитие вулканоплутонических образований и наличие кислых дифференциатов магмы; наличие концентрированных месторождений и рудопроявлений олова касситерито-силикатной и касситерито-кварцевой формаций, расположенных в надинтрузивной зоне массивов и локализующихся как в ороговикованных, так и в эффузивных породах; ограниченная площадь россыпного ореола при его высокой насыщенности оловом.

5. Описанные черты рудно-россыпной оловоносности Чохчуро-Чокурдахского района, позволяющие выделить на его территории два типа россыпных узлов, легли в основу дифференцированной прогнозной оценки района и послужили основой для рекомендации по направлению геолого-поисковых работ в этом регионе.

**Е. Ф. Ефимов**  
(ВИМС)

#### КРИТЕРИИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ПОИСКОВ ОЛОВЯННОГО НА ВОСТОЧНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ЧАУНСКОЙ ГУБЫ

Территория, именуемая восточным побережьем Чаунской губы, расположена в месте сочленения Чаунской складчатой зоны и Раучуанского прогиба, которые входят в состав Чукотской складчатой области. Триасовые отложения Чаунской складчатой зоны представляют здесь нижний, а нижнемеловые отложения Раучуанского прогиба - верхний структурные ярусы.

Здесь располагаются Певекский, Пыркакайский и Куиввиемо-Гыргычанский оловорудные узлы и действует крупный Валькумейский обогатительный комбинат, недостаточно обеспеченный запасами балансовых руд. В связи с этим в настоящее время стоит важная задача - выявить в пределах вышеуказанных оловоносных площадей конкретные промышленные оловорудные объекты, что трудно сделать, используя только уже известные поисковые критерии. Детальные исследования, проведенные нами на этой территории, позволили рекомендовать в качестве критериев поисков следующие особенности локализации оловянного оруденения:

1. структурные. Расположение интрузивных пород и связанных с ними оловорудных месторождений определяется элементами разрывной тектоники двух основных направлений: северо-западного и меридионального. Меридиональные разломы представляют собой зоны трещиноватости, движение по которым происходило практически без перерыва со времени их заложения до времени проникновения по ним наиболее поздних гидротермальных растворов, что соответствует 60-70 млн. лет. Северо-западные разломы, в отличие от меридиональных, представляя крупные трещины разрыва, приоткрывались на сравнительно короткое время. Это способствовало быстрой разрядке напряжения и соответственно другим физико-химическим условиям кристаллизации магмы, что отразилось на различной степени контаминации и ассимиляции магмой вмещающих пород на разном поведении летучих компонентов, особенно бора и фтора. В конечном итоге, в зависимости от того, какие разломы играли большую роль при становлении интрузивов, формировались гранитоидные массивы различного облика, сопровождаемые оловорудными месторождениями разного формационного типа. Таким образом, положение гранитоидных массивов относительно основных разрывных структур района является критерием поисков оловорудных тел определенного формационного типа, что позволяет более целенаправленно вести эти поиски.

2. петрографические. Внедрение дополнительной фазы

становления всех гранитоидных массивов района сопровождалось интенсивным калиевым метасоматозом, охватившим не только купола гранитоидных массивов, но проявившимся далеко за пределами интрузивов преимущественно вдоль зон меридионального направления. Наиболее интенсивное метасоматическое преобразование претерпели догранитные дайки среднего и основного состава, в результате чего образовались специфические горные породы — лампрофиры. Гидротермальные растворы рудного этапа, непосредственно сменявшие метасоматические, проникли главным образом в те же зоны меридиональной трещиноватости. Это пространственное совмещение продуктов метасоматоза и оловянного оруденения проявляется так четко, что поля распространения даек лампрофироидов, хорошо фиксируемых конечных продуктов метасоматоза, могут рассматриваться как благоприятный признак на обнаружение оловянных руд;

3. петро-геохимические. Площадные геохимические исследования, проведенные на территории Пыркакайского рудного узла показали, что по мере приближения к оловянным телам резко увеличиваются во вмещающих породах содержания олова, бора и фтора, формируются группы элементов с прочными корреляционными связями, увеличивается степень турмалинизации, серицитизации и калишпатизации вмещающих пород. Наиболее эффективными для выявления новых перспективных на олово участков явился метод выделения петро-геохимических зон с использованием корреляционного анализа. Существующая геохимическая специализация пород, вмещающих оловянную минерализацию разного формационного типа, которая выражается, главным образом, в различной корреляционной связи олова с фтором и бором, позволяет использовать корреляционный анализ для качественной оценки новых оловянных объектов.

Н.К.Фархулин  
(Красноярское ТГУ)

#### ПЕРСПЕКТИВЫ ОЛОВО-ВОЛЬФРАМОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА

В пределах Заангарской части Енисейского кряжа все известные месторождения и рудопроявления олова и вольфрама локализованы в центральной части его и генетически связаны с гранитоидами татарско-аяхтинского комплекса (абс.возраст 895-620 млн.лет). Татарский, Аяхтинский, Чиримбинский и др. массивы этого комплекса приурочены к осевой части Центрального антиклинория и относятся Ю.А.Кузнецовым (1964) к формации гранитных батолитов. Вмещающими породами являются карбонатно-терригенные отложения среднего (тейская серия) и верхнего (сухопитская серия) протерозоя. Массивы сопровождаются ореолом контактового метаморфизма шириной от 0,2 до 3,5 км. В экзоконтактах массивов проявлены процессы ороговикования, скарнирования и грейзенизации. Последнее характерно и для внутренних частей массивов. Жильная фаза представлена аплитами, пегматитами, кварцевыми порфирами и кварцевыми кладами.

По химическому составу гранитоиды татарско-аяхтинского комплекса характеризуются умеренной пересыщенностью кремнеземом, глиноземом и довольно высокой общей щелочностью при небольшом преобладании натрия над калием. Из элементов-примесей гранитоиды содержат тантал, ниобий, бериллий, молибден, редкие земли, а также олово и вольфрам, что указывает на потенциальную редкоземельную-редкометалльную специализацию их.

В центральной части Енисейского кряжа давно известно присутствие касситерита, вольфрамиты и шеелита в шлихах золотоносных россыпей. Практически во всех водотоках, берущих начало в пределах гранитных массивов, наблюдается повышенное содержание в аллювии касситерита и шеелита. Однако, поиски промышленных россыпей их, неоднократно предпринимавшиеся здесь, оказались безрезультатными.

Коренные рудопроявления и непромышленные месторождения олова и вольфрама известны в трех районах: Ведугинском,

Енашиминском (Чиримбинский массив) и Партизанском (Татарский массив). В первом из них, расположенном в бассейне правых притоков р.Б.Пита, известны слабооловоносные перматиты и Лезо-Ведугинское олово-вольфрамовое рудопроявление, связанное с грейзенами и грейзенизированными гранитами. Кварц-мусковитовые грейзены с касситеритом и вольфрамитом приурочены к южному эндоконтакту Чиримбинского гранитного массива. Рудопроявление окончательно не оценено. В бассейне р.Енашимо (Енашимский район) выявлено Оленье месторождение вольфрама и вольфрамового рудопроявления г.Высокой. Первое представлено шеелитоносными вторичными кварцитами в экзоконтакте гранитов, второстепенно кварцевых жил с вольфрамитом и шеелитом в грейзенизированных гранитах. В этих районах известны скарновые проявления вольфрама, а также многочисленные нецененные шлиховые ореолы вольфрама и олова.

Партизанский район охватывает верховья рр.Б и М.Пенченги, Татарки, Удерея и Б.Мурожной. Здесь известно Ильинское промышленное месторождение вольфрама, связанное с шеелитоносными скарнами северного эндоконтакта Татарского гранитного массива и Гольцовское олово-вольфрамовое месторождение. Последнее является новым типом олово-вольфрамового оруденения для Енисейского кряжа, относящимся к касситеритово-кварцевой формации, что существенно расширяет и увеличивает перспективы этого региона на выявление промышленных месторождений этих металлов. Гольцовское м-ние представлено кварцевыми жилами с касситеритом и вольфрамитом, залегающими среди песчано-сланцевых отложений сухопитской серии верхнего протерозоя в 2,5 км от южного контакта Татарского гранитного массива. Жилы грейзенизированных кварцевых порфиров в районе месторождения обогащены оловом и вольфрамом. Месторождение окончательно не оценено.

Таким образом, в центральной части Енисейского кряжа перспективны поиски месторождений олова и вольфрама следующих генетических типов:

1. Грейзеновые месторождения
2. Скарновые месторождения
3. Месторождения касситеритово-кварцевой формации

#### 4. Гидротермально-метасоматические (вторичные кварциты)

Наиболее перспективны поиски первых трех типов, особенно в зонах экзо- и эндоконтактов гранитных массивов татарско-аяхтинского комплекса.

В.А.Архангельская, А.Л.Зенякин  
(Аэрогеология)

#### СТРУКТУРНО-МАГМАТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ КОНТРОЛЯ ОЛОВОНОСНОСТИ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КУЙДУСУНСКОГО ВУЛКАНОГЕННОГО ПОЛЯ

Своеобразными особенностями юго-западной части Куйдусунского поля являются: обособленное положение ее в Охотско-Чукотском вулканогенном поясе, преобладание кислых разновидностей магматических пород, широкое распространение, наряду с вулканитами, интрузивных и субвулканических образований позднемелового этапа тектоно-магматической активизации. Образования Куйдусунского вулканогенного поля несогласно перекрывают складчатые структуры Южно-Верхоянского синклинория.

Структуры вулканогенного поля и пространственное распределение интрузивных тел в его пределах обусловлены блоковой тектоникой. Характерны северо-восточные, северо-западные и субмеридиональные разрывные нарушения. Среди этих основных магмоподводящих разломов северо-восточные, продольные по отношению к структурам Южно-Верхоянского синклинория, характеризуются приуроченностью к ним вулканических аппаратов центрального типа и трассируются цепочкой субщелочных интрузий. Для этой территории в целом характерны кислые магматические образования нормального ряда, но часть их выделяется в вулканоплутоническую ассоциацию повышенной щелочности.

Эта вулканоплутоническая ассоциация включает липариты (покровные и субвулканические), их туфы и лейкократовые граниты. С этими субщелочными гранитами генетически связана оловянная минерализация юго-западной части Куйдусунского вулканогенного поля.

Граниты слагают массивы сложной формы: это обычно трещинные гипабиссальные с переходами в субпластовые и пологозалегающие тела. Они вскрыты в основном в своей апикальной части, характеризующейся наличием большого количества миароловых пустот и линзовидных перматоидных тел с фаялитом, приуроченных к переходной зоне между корневыми и периферическими участками тел. В корневых частях развиты порфиридные, а в периферических — мелкозернистые разновидности гранитов. Граниты существенно калишпатовые, лейкократовые. Количество темноцветных (роговая обманка, биотит) увеличивается от центра массивов к периферии. Акцессорные минералы: сфен, лейкоксен, редкциркон, апатит; пирит.

Оловянное оруденение локализуется в узлах пересечения северо-восточных магмоподводящих разломов с меридиональными и субмеридиональными, реже — с северо-западными и разрывными нарушениями.

Рудовмещающими являются разломы второго порядка, оперяющие крупные северо-восточные. Простираение рудных тел варьирует от северо-восточного до субширотного и широтного.

В пределах оловяносных участков наблюдаются две зоны локализации рудных тел: корневая часть интрузивов и их кровля. Рудные тела представляют собой жилы и зоны минерализации мощностью до первых метров и протяженностью в десятки метров, образующие зоны кульсообразного прожилкования, реже штокверкообразные зоны мощностью в сотни метров, протяженностью более километра.

Намечаются два типа парагенетических ассоциаций рудных тел: хлорититовые, размещающиеся исключительно в экзоконтактных частях интрузивных тел, и кварц-хлоритовые, развитые как в пределах гранитных массивов, так и во вмещающих породах. Хлорититовые характеризуются парагенезисом хлорита (турингит, делессит), касситерита, аргентита, галенита, сфалерита, халькопирита, арсенипирита. Иногда появляется в них молибденит. В кварц-хлоритовых телах, наряду с кварцем, хлоритом, карбонатом (кальцит) и касситеритом, отмечаются арсенипирит, халькопирит, галенит, сфалерит, аргентит, редко, золото. Охарактеризованные проявления могут быть отнесены к хлоритовому типу касситерит-смакитной формации, а значитель-

ное содержание в них серебра (аргентит, реже самородное) позволяет выделить специфическую касситерит-серебряную направленность оруденения.

А.К.Руб  
(ВИМС)

#### МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ РЕДКОМЕТАЛЬНО-ОЛОВОНОСНЫХ ГРАНИТОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЕЕ ПРИ ПОИСКАХ И ОЦЕНКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ОДНОГО ИЗ РАЙОНОВ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА)

Редкометальные (альбитизированные и грейзенизированные) граниты являются перспективным источником тантала, ниобия, олова и др. элементов. Эти месторождения характеризуются значительными запасами тантала и устойчивым его содержанием.

Изученный до глубины свыше 1 км массив редкометальных гранитов относится к литионит-топаз-альбитовому типу (по А.И. Гинзбургу, Л.Н.Овчинникову, Н.А.Солодову, 1970) и представляет собой заключительную субфазу ниже-среднепалеозойского интрузивного комплекса. Массив имеет зональное строение. В направлении от апикальной части к глубоким горизонтам выделяются следующие зоны: А. Зона кварцево-микроклиновых пород блоковой структуры. Б. Зона грейзенизированных аляскитовых гранитов, сложенных микроклином, кварцем и топазом. В. Зона интенсивно альбитизированных протолитионитовых гранитов, состоящих из альбита (№ 2-4), кварца, небольшого количества реликтового микроклина, высоколитиевых слюд и топаза. Г. Зона протолитионитовых гранитов слагает глубокие горизонты массива, начиная с глубины 460-500 м; скважина, пройденная до глубины 1200 м не вышла из этих пород. Граниты сложены микроклином, альбитом (№ 6-8), кварцем и протолитионитом; для них характерно высокое содержание таких акцессорных минералов как топаз, флюорит, колумбит, касситерит, циркон и др.

Наблюдаемая вертикальная зональность является отражением первичной фацальной зональности интрузива, усложненной раз-

втием автометасоматических процессов - альбитизации, грейзенизации и локальной микроклинизации. Степень грейзенизации гранитов, а также содержание рудных минералов (колумбит, стронверит, касситерит) возрастает от глубоких к верхним зонам, достигая максимума в зоне Б (собственно рудная зона).

В пределах изученного массива четко проявлена геохимическая зональность в распределении редких элементов и фтора. Протолитионитовые граниты глубоких горизонтов рудоносного интрузива характеризуются значительно повышенным содержанием этих элементов по сравнению с гранитами основной фазы. Средние содержания в протолитионитовых гранитах  $F$  - в 7;  $Cs$ ,  $Ta$ ,  $Nb$ ,  $Ga$ ,  $Ge$  - в 3;  $Rb$  - в 5;  $Sn$  - в 24 раза выше средних содержаний этих элементов в кислых породах (по А.П.Виноградову).

Для протолитионитовых гранитов (зона Д) характерно крайне незначительное колебание содержаний перечисленных элементов на всем 750-метровом вертикальном интервале.

Содержания  $Ta$ ,  $Nb$ ,  $Sn$ ,  $Rb$ ,  $Cs$ ,  $F$  резко увеличиваются от нижних горизонтов зоны З по направлению к апикальной части массива, достигая максимума в зоне Б.

Геохимическая зональность в распределении редких элементов четко проявлена также в вариациях содержаний и изменении химизма типоморфных (слюды, топаз) и рудных (колумбит) минералов.

Содержание  $Rb$ ,  $F$  в слюдах возрастает, а  $Ta$ ,  $Nb$ ,  $Sn$ , уменьшается от протолитионита (зона Е) к циннвальдиту и далее к железистому лепидолиту (зона В).

Содержание  $F$  в топазе увеличивается от 13,5% на глубине 1200 м до 19,3% (верхняя граница зоны Б). Параллельно отношение  $Ta/Nb$  в колумбите увеличивается от 1:7 до 1:2.

В основных чертах подобная минералого-геохимическая зональность характерна и для других массивов редкометалльных гранитов, изученных на значительную глубину - Цинновецкий массив (Рудные Горы), один из массивов Забайкалья и др. Она является отражением первичной фациальной зональности интрузива (образование мощной фации специфических литий-фтористых гранитов, обогащенных рудными элементами и значительно меньшей по мощности фации аляскитовых гранитов в апикальной части).

усложненной затем развитием автометасоматических процессов - альбитизации, грейзенизации и локальной микроклинизации.

Наличие в общем однотипной минералого-геохимической зональности в массивах редкометалльно-оловоносных гранитов различных регионов позволяет использовать ее в целях повышения эффективности поисков и оценки подобных массивов. Различные факторы зональности (геохимические, минералогические и др.) наряду с другими признаками позволяют оценивать глубину эрозионного среза массивов и дают возможность их разбраковки по степени перспективности связанного с ними коренного оруденения или возможных россыпей.

А.Е.Силаев  
(ВИМС)

#### О РАЗВИТИИ БОГАТЫХ РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ КВАРЦ-ПОЛЕВОШПАТОВЫХ МЕТАСОМАТИТОВ ПО ПОРОДАМ ПОВЫШЕННОЙ ОСНОВНОСТИ

Нами изучались лепидомелан-мусковитовые метасоматиты умеренной и лепидомелан-рибекит-эгириновые метасоматиты повышенной щелочности.

В связи с тем, что формирование массивов рассматриваемых метасоматитов происходило вслед за процессами регионального метаморфизма и гранитообразования, в качестве исходных пород для них устанавливается широкий комплекс метаморфических и интрузивных образований. В метасоматитах умеренной щелочности исходные породы, с одной стороны, представлены мелко- и крупнозернистыми биотитовыми порфиroidными гранитами, а с другой - калишпатизированными биотитовыми адамеллитами архейского основания и калишпатитами. Петрохимически последние отличаются от гранитов пониженной кремнекислотностью, более высоким содержанием слабых (кальция, магния, железа) и сильных оснований (калия). В щелочных метасоматитах исходные породы представлены средне-крупнозернистыми биотитовыми порфиробластовыми гранитами и биотитовыми гнейсами состава диоритов и гранитов. В отличие от гранитов и гранито-гнейсов гнейсы повышенной основности (диоритовые) характеризуются пониженным содержанием кремнекислоты и повышенным - слабых (кальция).

магния, железа) и сильных оснований (натрия). В соответствии с составом исходных образований в рассматриваемых примерах выделяются алогранитные метасоматиты и метасоматиты по породам повышенной основности.

Процесс образования рассматриваемых метасоматитов имеет тенденцию замещения слабых оснований (магния, кальция) щелочами (калием, натрием, рубидием) и анионов слабых кислот (кремния, фосфора) анионами более сильных (фтором) и происходит на фоне устойчивого поведения амфотеров (алюминия, трехвалентного железа). В соответствии с этим, метасоматиты, развившиеся по породам повышенной основности, отличаются от собственно алогранитных (или алогранито-гнейсовых) пониженной кремнекислотностью, повышенным содержанием железа, алюминия, щелочей и избыточного натрия  $(Na) = \frac{Na}{Al} - \frac{F}{V}$ .

Рассматриваемые метасоматиты образовались в раннюю щелочную стадию под воздействием редкометалльных щелочно-фтористых растворов. Формирование этих метасоматитов является регрессивным процессом, происходившим при возрастающей кислотности растворов в условиях повышения пористости пород и увеличения роли хрупких деформаций. В качестве причины повышения кислотности растворов предполагается уменьшение компенсирующей роли давления (Беус, 1968), препятствовавшего ранее распаду редкометалльных фторкомплексов. В соответствии с этим наиболее благоприятными для осаждения рудной массы оказываются породы повышенной основности, обуславливающие нейтрализацию умеренно кислых растворов ранней щелочной стадии. Последующие процессы кислотной стадии, в основном, производят выщелачивание редких элементов, что подтверждается экспериментально (Беус, Диков, 1967), отлагающихся в позднюю щелочную стадию.

Роль пород повышенной основности как фактора, обуславливающего появление богатых руд, устанавливается для бериллия, олова, тантала, ниобия и циркония. При этом среди пород с низким содержанием кремнезема могут образоваться практически мономинеральные тантал-ниобиевые (Кудрин, Кудрина, 1972) оловянные и бериллиевые руды.

Н.В.Еремеев  
ИГЕМ

#### ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ТАЛАССКОГО АЛАТАУ; ПОВЕДЕНИЕ В НЕЙ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЕЕ ОРУДЕНЕНИЕ

Эффузивы Машатской впадины и щелочные плутоны (Ирису, Каинды) составляют единую верхнепалеозойскую вулканоплутоническую ассоциацию, образовавшуюся в орогенный этап срединного Тянь-Шаня. Расположенные обособленно среди визейских и намурских карбонатных толщ они приурочены к единому скрытому глубинному разлому, пересеченному серией субмеридиональных нарушений.

Вулканогены Машатской впадины (лавы, туфолавы и туфы) представлены серией: пикритами и лимбургитами, лейцитовыми тефритами, щелочными базальтами и трахитами. С ними тесно связаны некки и штоки сиенит-порфиров и шонкинит-порфиров, по составу аналогичные эффузивам.

Щелочные плутоны Ирису и Каинды образованы серией интрузивных пород: пироксениты, шонкиниты, монцониты, сиениты. С ними близки по составу породы штоков и некков Машатской впадины. Сравнение эффузивных и интрузивных серий показывает не только общую тенденцию развития магматизма от ультраосновных пород к щелочным габброидам - до сиенитов, но и весьма близкие петрохимические черты для интрузивных и эффузивных аналогов. Геохимические черты подчеркивают значительную близость этих серий: характерны Li, Rb, Cs, Zr, Pb. Отмечается повышенное содержание  $Cs_2O$  в щелочных габбробазальтах.

Вулканогенная толща несет апатит-магнетитовое оруденение, а интрузивные серии - флогопит-магнетитовое, связанное с процессами скарнообразования. Имеет место и гидротермальная сульфидная минерализация. Изучение попутных полезных элементов оруденения (Se, Te, Ag, Au, редкие щелочи и др.) может выявить новые перспективы распространения этих малых элементов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМАЦИОННОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ИЗВЕСТКОВЫХ  
СКАРНОВ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПОИСКОВ  
СВЯЗАННОГО С НИМИ ОРУДЕНЕНИЯ

Определение формационной принадлежности известковых скарнов вытекает из необходимости рационального прогнозирования и поисков локализуемого в них оруденения.

Различия условий формирования месторождений в известковых скарнах образованных по известнякам, от развитых по магнезиальным скаернам и кальцифирам, выражаются в строении метасоматической колонки, составах и ассоциациях породообразующих минералов, в соотношениях этих минералов. Все это показано на примере скарного месторождения Солонго в Бурятии.

Строение метасоматических зон скарнов по известнякам характеризуется зональностью, обычной для известковых контактов с развитием существенно моно- или биминеральных экзо- и эндо-скарных зон, с закономерной их сменой от волластонитового экзоскарна на границе с кальцитовым мрамором, через пироксеновую и гранатовую зоны, до пироксен-гранатового апоалюмосиликатного скаерна, переходящего в эндоконтакте в пироксен-полевошпатовую околоскарновую породу. При развитии известковых скарнов по магнезиальным скаернам и кальцифирам четкости в их строении не наблюдается. Это гранат-везувиановые скаерна, содержащие более ранний по отношению к ним пироксен и поздний волластонит. Существенным отличием этих скарнов является наличие свабита.

Формационная принадлежность известковых скарнов устанавливается по их минеральным ассоциациям. Однако непосредственные ассоциации минералов известковых и магнезиальных скарнов встречаются не часто, поэтому приходится исследовать состав пироксена, везувиана, граната и волластонита.

Средние величины железистости пироксенов магнезиальных скарнов, кальцифиров, известковых эндоскарнов и скарноидов близки между собой и значительно ниже железистости пироксе-

нов из известковых экзоскарнов, а марганцовистость известково-скарновых пироксенов всех зон выше по сравнению с пироксенами из магнезиальных скарнов и кальцифиров. Магнезиальность пироксенов из магнезиальных скарнов в среднем выше, чем в известково-скарновых. Наиболее разнообразен состав пироксена в апомагнезиальных известковых скаернах: фассаиты, диопсиды, салит-авгиты, салит-иогансениты.

Гранаты представлены разновидностями андрадит-гроссулярового ряда. Для экзозон известковых скарнов характерен андрадитовый гранат, а для эндоскарнов глиноземистый гранат. В апомагнезиальных известковых скаернах железистость гранатов, развитых по магнезиальным скаернам и кальцифирам, близка, но гранаты в кальцифирах обладают меньшей марганцовистостью и большей глиноземистостью относительно апомагнезиально-скарновых. Среднее содержание окиси магния в гранатах апомагнезиальных известковых скарнов выше, чем в обычных известковых скаернах и скарноидах.

Магнезиальность везувианов апомагнезиальных известковых скарнов значительно выше, чем у обычных известковых скарнов и скарноидов.

Волластониты известковых скарноидов месторождения представлены обычными разновидностями с незначительной примесью железа, магния и марганца. В апомагнезиальных известковых скаернах, кроме того, отмечены марганцевые силикаты - бустамит, пироксмангит, родонит.

Отличительные черты породообразующих минералов известковых скарнов разных формаций видны из корреляционных диаграмм составов сосуществующих пироксенов и гранатов. В известковых скаернах и скарноидах пироксен и гранат находятся в парагенных соотношениях. В апомагнезиальных известковых скаернах эти соотношения отсутствуют.

Значительная часть магнетитового, боратового, цинкового и другого оруденения, развитого на месторождении, локализуется в апомагнезиальных известковых скаернах и почти отсутствует в скаернах по известнякам и скарноидам. Следовательно, зоны близкого экзоконтакта гранитного массива Солонго, где развиты апомагнезиальные известковые скаерна более перспективны для поисков промышленного оруденения по сравнению с

удаленными экзоконтактовыми зонами, сложенными обычными известковыми скарнами и скарноидами.

М.К.Суханов  
(ИГЕМ)

#### БАЗИТОВЫЙ МАГМАТИЗМ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГЛАВНОГО ХРЕБТА БОЛЬШОГО КАВКАЗА В СВЯЗИ С ВОПРОСАМИ ОРУДЕНЕНИЯ

Базитовый магматизм широко проявился в пределах центральной части Главного Кавказского хребта в различные периоды развития этой области. Вся совокупность основных изверженных пород, протягивающихся в широтном направлении вдоль этой зоны известна в литературе под названием Казбекского "диабазового" пояса. До недавнего времени считалось, что все основные породы, входящие в состав этого образования одновозрастны и временем их внедрения считался ранний мезозой (плинсбахский магматический комплекс), а вмещающие их осадочные породы относились к нижней юре. Нашими исследованиями последних лет под руководством Г.Д.Афанасьева установлено, что породы, входящие в состав Казбекского "диабазового" пояса далеко неоднородны по составу и времени образования.

Данные магматические образования разделены на две большие разновозрастные группы. 1. Габбро-диабазы палеозойского возраста. Это дайки мощностью несколько метров, залегающие в породах палеозойского основания: метаморфических сланцах, конгломератах, мраморах и гранитах, причем в последних, по данным Г.Д.Афанасьева, тела габбро-диабазов являются догранитными т.е. ксенодайками, о чем свидетельствуют инъекции вещества гранитов в дайки, биотитизация на их контактах и данные абсолютного возраста, по которым породы даек дают более древние цифры, чем вмещающие их граниты. Простираются этой системы даек субширотные и северо-западные. В мезозойских отложениях подобные образования не встречаются. 2. Раннемезозойская группа основных магматических пород. Это силлы реке, дайки диабазов, диабазовых порфиритов, потоки и покровы мандельштейновых порфиритов с шаровой отдельностью, лаво-

брекчии и литокластические туфы. Возраст этих образований определяется как раннемезозойский в связи с тем, что в отложениях базального горизонта (который считается в настоящее время нижнеюрским) нами была обнаружена фауна (в районе верховьев р.Фиагдон), которая по предварительным определениям Л.В.Сибирякова и Л.Д.Кипарисовой может указывать на средне-позднетриасовый возраст вмещающих ее слоев. Находки аналогичной фауны на левобережье р.Фиагдон позволяют выделить также толщу сланцев палеозойского возраста, т.к. эти отложения несогласно перекрываются глинистыми сланцами с фауной. В ряде мест отмечается прорывание древних габбро-диабазов мезозойскими, что еще раз подтверждает выделение двух разновозрастных групп основных пород в пределах "диабазового пояса".

Приведенные данные позволяют по-новому подойти к рассмотрению вопроса о размещении редкометального и медно-полиметаллического оруденения данного региона. К коре выветривания палеозойского основания приурочено редкометальное оруденение, а выделение поверхности несогласия среди сланцевого комплекса увеличивает, таким образом, площадь возможных поисковых работ, при которых габбро-диабазы палеозойского возраста могут играть роль надежных маркеров в монотонной сланцевой толще. Пространственно с палеозойской толщей сланцев и древними основными породами ассоциируется медно-полиметаллическое оруденение, что позволяет рекомендовать эти образования для дальнейшего детального изучения.

А.А.Цветков  
(ИГЕМ)

#### МЕЗОЗОЙСКИЕ ТРАХИТЫ МЕЖДУРЕЧЬЯ ЧЕГЕМ - ЧЕРЕК НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ В АСПЕКТЕ ИХ МЕТАЛЛОГЕНИИ И ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

1. Работами последних лет в междуречье Чегем - Черек, в пределах Бечасынской структурно-формационной зоны (по Г.Д.Афанасьеву и др., 1968, 1971), установлено наличие трех конкретных магматических формаций мезозойского возраста: мандельштейновых диабазовых порфиритов (нижняя юра), трахитов

(верхняя юра) и субщелочных габброидов – теменитов (мел). Повышенный интерес в практическом отношении представляют трахиты, имеющие наибольшее площадное распространение.

2. Микролакколиты, силлы и штоки трахитов приурочены к разломам северо-западного и широтного простирания в пределах т. наз. Северной депрессии – структуры длиной до 40 при ширине 6–10 км, сложенной песчано-глинистыми осадками нижней и средней юры. К югу от депрессии располагается структурно-формационная зона Главного хребта, образованная палеозойскими гранитоидами и кристаллическими сланцами протерозоя-нижнего палеозоя; с севера ее ограничивает эскарп верхнеюрских известняков Скалистого хребта.

3. В петрографическом отношении трахиты представляют собой кристаллические породы, состоящие из тончайших микролитов пелитизированного калиевого полевого шпата и мелких зернышек кварца (последний, по-видимому, вторичного происхождения). В краевых частях интрузива хорошо выражена флюидальность пород.

4. Результаты радиологического датирования мезозойских трахитов бассейна р. Черек Безенгийский в лаборатории ИГЕМ АН СССР  $K/Ar$  методом (142–146 млн. лет) согласуется с геологическими наблюдениями и соответствует верхней юре.

5. Результаты проведенных работ, а также данные геологов Кабардино-Балкарской комплексной геологической экспедиции, указывают на тесную пространственную и временную связь мезозойского щелочного магматизма и ассоциирующих с ним процессов метасоматоза и гидротермальной деятельности с проявлением редкометалльного, полиметаллического и медноколчеданного оруденения. Для решения вопросов генезиса оруденения необходимы дальнейшие углубленные петрографо-геохимические и минералогические исследования.

6. Особенности минерального и химического состава трахитов, заключающиеся в том, что порода представляет собой по существу анхимоминеральное образование, состоящее из пелитизированного калиевого полевого шпата с высоким содержанием  $K_2O$  (до 8–9%), отношением  $CaO/K_2O$  (до 1/40 – 1/60) и низкой железистостью (менее 0,5%) позволяет рассматривать их в качестве перспективного фарфорового сырья (Борсук, Цвет-

ков, 1973) и рекомендовать его использовать на Краснодарском фарфоровом заводе, что даст большую экономическую выгоду. Проведенные предварительные огневые испытания показали также пригодность трахитов Черка Безенгийского в качестве сырья для электрокерамики.

Ю.В. Карякин  
(ВИМС)

#### ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ ТЕКТониКИ ПЛИТ К ЭВОЛЮЦИИ ДРЕВНИХ РЕГИОНОВ (НА ПРИМЕРЕ ЗАЙСАНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ СИСТЕМЫ)

1. В последние годы концепция тектоники плит (КТП) получила широкое развитие в работах советских и зарубежных геологов (Дьюи, Гамильтон, Кропоткин, Зоненшайн, Ковалев, Мусатов).

2. Основной задачей на современном этапе развития геотектонических представлений об эволюции земной коры представляется применение основных положений КТП, основанных на изучении современных океанических бассейнов, к истории развития древних складчатых областей.

3. Несоответствие истории геологического развития Зайсанской складчатой системы (ЗСС) с общепринятой геосинклинальной моделью уже отмечалось рядом исследователей (Нехорошев).

4. Предлагаемая модель эволюции ЗСС объясняет отмеченные недостатки. Модель основана на анализе карты геологических формаций Восточного Казахстана (1968). Основными исходными данными для построения ее служили:

а) расположение вблизи друг от друга формаций, которые в современных бассейнах осадконакопления находятся на значительном удалении (например, кремнисто-спилит-диабазовая и андезитовая терригенная);

б) омоложение возраста геологических формаций от центральных областей ЗСС к периферическим;

в) сходство гипербазитов современных океанических хребтов с гипербазитами древних эвгеосинклинальных зон;

г) признаки "холодного" внедрения гипербазитов Чарского антиклинория (М.Г.Хен, 1973).

д) металлогеническая специализация структурно-формационных зон.

5. В предложенной модели основная роль отводится горизонтальным тектоническим движениям.

6. Все разнообразие эффузивной и интрузивной деятельности, а также процессы осадконакопления и формирования месторождений в пределах ЗСС являются результатом взаимодействия (раздвигания, сдвигания и столкновения) двух плит - Казахской и Сибирской. Первая включает в себя каледонские образования Казахстана, вторая - Сибирскую платформу и прилегающие к ней каледониды Алтае-Саянской складчатой области.

7. В истории геологического развития ЗСС выделены три крупные стадии (этапа): стадия раздвигания ( $D_1(?) - D_3$ ), стадия сдвигания ( $D_2 - C_3$ ) и стадия столкновения ( $C_3 - P_2$ ).

8. В продолжении этих стадий окраины обеих плит претерпели изменение от пассивных окраин атлантического типа ( $? - D_1$ ), через активные окраины андского типа ( $D_1 - D_2$  - для окраины Сибирской плиты), до окраин типа островной дуги ( $D_2 - C_3 - C_4$ ).

9. Зоны Бенюффа, получившие основное развитие в стадии сдвигания плит, являются основным источником эффузивного и интрузивного магматизма, широко проявленного в крайних частях ЗСС - Жарма-Саурской и Рудно-Алтайской зонах. Эти же зоны являются и источником рудообразующих растворов для колчеданных месторождений Рудного Алтая. Золоторудные месторождения Западной Калбы были образованы, видимо, в стадии столкновения плит, когда тектонические напряжения, вызванные этим процессом, могли привести к палингенному выплавлению небольших количеств магмы, сформировавшей широко развитые в этой зоне, мелкие интрузии и дайки пестрого состава. Золото океанической коры и вулканогенно-осадочных пород было мобилизовано поровыми водами осадочных пород и перекристаллизовано (Ковалев, Карякин, 1973).

10. Чарские ультрабазиты представляют собой продукт выдавливания древней океанической коры центральной части океанического бассейна, т.к. граничащие с ними известково-кремнисто-базальтовая и известково-кремнисто-песчаная формации развиты в основном в центральных частях современных океанов.

В.Г.Орлов  
(ВИМС)

#### ОЦЕНКА МОЛИБДЕНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ПО ЕГО ВТОРИЧНЫМ ОРЕОЛАМ РАССЕЙНИЯ В ЭЛИВИО-ДЕЛОВИИ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА И ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЯ)

Интенсивность вторичных ореолов рассеяния зависит не только от характера рассеяния молибдена в рыхлых образованиях и их мощности, но и от выщелачивания и выноса молибдена из зон окисления месторождений. Поэтому использование коэффициента пропорциональности, определенного по отношению количеств металла во вторичном ореоле рассеяния и в верхах коренного оруденения, часто дает заниженную оценку оруденения на глубине.

Впервые выносу молибдена из зон окисления дано количественное выражение. Вынос молибдена приблизительно пропорционален окисленности руд в зоне окисления и может быть выражен формулой.

$x = kc$ , где :

$x$  - доля молибдена, вынесенного из зоны окисления;

$c$  - окисленность руд - содержание окисленного молибдена в относительных процентах;

$k$  - коэффициент выноса, характеризующий интенсивность выноса молибдена из зоны окисления.

Установлены следующие значения коэффициента выноса молибдена из зон окисления: в аридном климате для месторождений вольфрам-молибденовой формации 0,015; для месторождений медно-молибденовой формации 0,01; в холодном гумидном климате областей развития многолетней мерзлоты для месторождений молибденовой формации 0,0047, для месторождений медно-молибденовой формации 0,003. Различия в значениях коэффициента пропорциональности говорит о том, что интенсивность выноса молибдена зависит от количества сульфидов в рудах и климатических условий развития зон окисления.

Развитие почвенного процесса с образованием генетических почвенных горизонтов не приводит к существенному перераспределению молибдена в разрезе рыхлых элювио-делювиальных образований. Отсутствие резкой дифференциации в распределении молибдена по разрезу рыхлых образований позволило установить зависимость между их мощностью и коэффициентом пропорциональности.

Установление зависимости по выносу молибдена из зон окисления и зависимости между мощностью элювио-делювия и коэффициентом пропорциональности позволяет оценивать по вторичным ореолам не все оруденение, а только его промышленную часть. Это должно способствовать рациональной оценке оруденения по его вторичным ореолам рассеяния в элювио-делювии.

В.Л. Мосунов  
(ВИМС)

#### НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОРФОСТРУКТУРНОГО АНАЛИЗА ПРИ КРУПНОМАСШТАБНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ (НА ПРИМЕРЕ НЕРЮНДИНСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

Методика картирования блоковой морфотектоники выработана М.В. Пиотровским (1970, 1973) для районов с неглубоко залегающим или лежащим на поверхности кристаллическим фундаментом Сибирской платформы. В данном случае эта методика применена на территории платформы с осадочным чехлом малой мощности как дополнительный метод крупномасштабной геологической съемки Нерюндинского магнетитового месторождения (и месторождения Спутник), который позволил выявить как общую структурно-тектоническую обстановку района месторождений и структурные характеристики отдельных его участков, так и определить перспективные площади. Попутно могут быть решены вопросы сохранности отдельных рудных тел и месторождений в целом и отдельные аспекты гидрогеологической обстановки территории.

В работе были использованы результаты геофизических, поисковых и разведочных горных работ, данные геологической съемки масштаба 1:10 000, проведенной на отдельных участках, и

схема блоковой морфотектоники, составленная на основе топокарт масштаба 1:25 000 и аэрофотоснимков масштабов 1:50 000-1:65 000.

1. Исследуемый район расположен на юго-восточной окраине Тунгусской синеклизы, в пределах которого выделяются два крупных блока: Северный, с выс. отм. 320-360 м, и Центральный, с высотами 420-460 м. Граница между блоками является неотектонической, на что указывают:
  - а) большая амплитуда превышений - 80-100 м;
  - б) выравненная поверхность приподнятого блока и узкий глубокий врез русел ручьев;
  - в) пологонаклонное положение приконтактной части отстающего в воздымании ("опущенного") блока, врезанные долины ручьев, поперечных границе блоков и односторонний характер эрозии долин, параллельных границе.

В региональном плане эта граница блоков является омоложенным участком крупного глубинного разрывного нарушения общего северо-восточного простирания.

Геологической съемкой указанное тектоническое нарушение не было выявлено, т.к. с границей блоков совпадает граница распространения пород корвунчанской свиты нижнего триаса (Центральный блок), тогда как Северный блок сложен отложениями бургу克林ской свиты нижней перми. Детальный геологический разрез подтвердил наличие разрывного нарушения, при общем падении пород на северо-запад, к центру синеклизы.

2. Магнетитовое оруденение размещено в пределах наиболее приподнятых (460-470 м) блоков высоких порядков, выделенных в составе Центрального блока. (Система неотектонических разрывов, оконтуривающих мелкие выделенные блоки, принимается унаследовавшей характер древней тектоники, что неоднократно подтверждалось при сопоставлении их с геологическими материалами). Выделенные блоки месторождений позволили однозначно решить вопрос о том, что месторождения Нерюнда и Спутник являются самостоятельными месторождениями или рудными телами, занимающими различное структурное положение, хотя генетическая природа их одинакова.

- 1) Результаты геологосъемочных и горных работ подтвердили, что оруденение резко обрывается на западной и юго-западной неотектонических границах блока месторождения Спутник, которые являются подновленными участками более древних разломов. Можно предположить, что породы нижнего триаса и верхних горизонтов нижней перми, вмещающих оруденение, были размыты в результате инверсии южного от месторождения Спутник блока (современные выс. отн. 400-420 м) или что разрывная тектоника препятствовала отложению руды в этом блоке, что более вероятно.
- 2) Прилегающая часть смежного блока восточнее месторождения Спутник по ряду геологических признаков была признана перспективной на магнетитовое оруденение, однако проведенные в этом районе горные работы не выявили рудных тел. Дальнейшие геологосъемочные работы определили различие в структурном строении каждого блока и, в частности, различие простираний систем даек и структур. Это подтвердило правильность построения схемы блоковых морфоструктур, на которой тектоническое нарушение четко разграничивает указанные блоки с различными структурно-тектоническими характеристиками.
- 3) Анализ схемы блоковых морфоструктур позволил расчленить две системы трапповых даек к западу от Нерюндинского месторождения; одна представлена дайками меридионального простирания, несущими магнетитовое оруденение, другая - неоруденелыми дайками северо-западного простирания, размещенных на продолжении юго-западной тектонической границы блока месторождения Нерюнда.
- 4) Выделены, с учетом данных всех видов работ, перспективные на оруденение площади к северу, северо-востоку и востоку от Нерюндинского месторождения, соответствующие блокам высокого порядка с выс. отн. 460 м. и участкам прилегающих к ним смежных блоков.

Таким образом, использование схемы блоковых морфоструктур может оказать существенную помощь при решении неясных или неоднозначных вопросов и получении новых данных в геологической, поисковой и разведочной практике.

Методика применения морфоструктурного анализа. Схема блоковой морфотектоники составляется после проведения рекогносцировочных геолого-геоморфологических маршрутов или после проведения геологической съемки на отдельных участках, что позволит выявить основные принципы корреляции рельефа на топографических картах. В дальнейшем она служит дополнительным материалом для составления геологической карты месторождения, постоянно уточняясь по мере поступления новых данных. Окончательно отстроенная, она может быть приложена к геологической карте и использована при проведении других видов работ (геофизических, разведочных, гидрогеологических).

В.С.Тарасенко  
(ИМП)

#### НОВЫЕ ФОРМАЦИОННЫЕ ТИПЫ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД УКРАИНЫ

1. На территории УКЩ в докембрийском метаморфическом комплексе пород развиты железорудные формации: 1) железисто-кремнисто-метабазитовая, 2) железисто-кремнисто-кератофиристо-сланцевая и 3) железисто-кремнисто-сланцевая (Н.П.Семенов, Я.Н.Белевцев).

Новые данные по геологии и вещественному составу железных руд и рудовмещающих толщ ряда месторождений Западного Приазовья и Среднего Побужья привели к постановке вопроса о выделении новых формаций железных руд: 1) железисто-кремнисто-карбонатно-ультрабазитовой и 2) железисто-карбонатитовой.

2. С дискуссией о карбонатных и рудных магмах связаны имена Гольдшмидта, Бреггера, Боуэна, Левинсона-Лессинга и других исследователей. Экспериментальные исследования карбонатных расплавов и сложных карбонатно-силикатных систем, как и выявление современных вулканов, извергающих специфические карбонатные лавы (Танзания), позволили считать вопрос о существовании карбонатных магм решенным положительно. Но до сих пор описан один лишь случай регионально метаморфизованного докембрийского карбонатитового комплекса в Норвегии.

3. В докембрийских метаморфических толщах УКЦ установлены карбонатные и силикатно-карбонатные кристаллические породы (кальцифиры), рассматривающиеся как метаморфические аналоги карбонатных осадков древних водоемов. Однако в ряде мест (Среднее Побужье и Черниговская зона глубинных разломов) кристаллические карбонатные породы обнаружены в комплексе с ультраосновными и щелочными породами, имеют интрузивные контакты и несут редкометальную минерализацию. Встал вопрос о тщательном изучении ряда проявлений карбонатных и сопутствующих им пород.

4. На Среднем Побужье огромный интерес представляют карбонатно-магнетитовые руды Молдовского месторождения. Руда залегает в виде пласта мощностью до нескольких десятков метров среди метабазитов, серпентинизированных и тремолитизированных перидотитов и пироксенитов. В руде широко развита полосчатая текстура. Рудные магнетитовые полосы мощностью от нескольких мм до I-I,5 см. чередуются с безрудными кальцитовыми такой же мощностью. В центре рудного пласта встречаются богатые магнетитовые руды массивной текстуры. Здесь же нередки шпировидные обособления рудного ультрабазита. Отмечаются карбонатно-магнетитовые руды с брекчиевидной текстурой. Последняя особенно широко развита у подошвы и кровли пласта на контакте с ультрабазидами.

5. В Западном Приазовье на месторождении железистых кварцитов Куксунгур карбонатные породы присутствуют в рудной и надрудной толщах. Особого внимания заслуживают массивные темно-серые карбонатизированные породы, по минеральному и химическому составу приближающиеся к ультрабазидам. Они состоят из оливина, диоксида, доломита и кальцита. Силикаты претерпели интенсивную серпентинизацию, тремолитизацию и карбонатизацию. В рудной толще обнаружены светло-серые крупнозернистые карбонатные (доломит-кальцитовые) породы с остроугольными обломками гнейсов, кварцитов и ультрабазитов, что свидетельствует об интрузивных явлениях.

6. Наблюдающаяся на ряде месторождений железных руд Украины тесная ассоциация ультрабазитов и карбонатно-магнетитовых руд, а также железистых кварцитов, карбонатных и ультра-

основных пород позволяет высказать предположение и о их генетической связи. В одном случае железо поступало совместно с карбонатными и ультраосновными дифференциатами глубинного магматического очага, образуя карбонатно-магнетитовую или железисто-карбонатитовую формацию Среднего Побужья, в другом - в виде железисто-кремнистых эксгальций, с последующим внедрением ультраосновных и карбонатных магм (или карбостермальных растворов) в железорудную толщу. Так сформировалась железисто-кремнисто-карбонатно-ультрабазитовая формация месторождения Куксунгур.

7. По-видимому, железисто-кремнисто-карбонатно-ультрабазитовая и железисто-карбонатитовая формация являются составными частями более общей вулканоплутонической железорудной карбонатно-ультрабазитовой формации. Там, где проявлена железисто-кремнисто-карбонатно-ультрабазитовая формация, необходимо акцентировать внимание на поисках руд железисто-карбонатитовой формации и наоборот.

А.Г.Ванчугов  
(Каз.ИМС)

#### К ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ПЕРСПЕКТИВ ПО ЖЕЛЕЗУ КАЗАХСТАНСКОЙ ЧАСТИ РУДНОГО АЛТАЯ

В Рудном Алтае КазИМСом проведены прогнозно-металлогенические исследования на железо в масштабе 1:200000, сопровождавшиеся сбором и обобщением геологических и геофизических материалов по всему региону, отдельным структурно-формационным зонам, месторождениям и рудопроявлениям. На наиболее перспективных объектах автором выполнялись специализированные геофизические работы, включающие прокладку интерпретационных магнитометрических профилей, изучение по образцам руд и пород магнитной восприимчивости, плотности и остаточной намагниченности. Результаты названных и всех проведенных ранее работ позволили рекомендовать Восточно-Казахстанскому территориальному геологуправлению сосредоточить поиски на железо в северо-западной части Алтая.

включая Белоубинско-Южноалтайскую, Рудноалтайскую и Иртышскую структурно-формационные зоны. При их обосновании серьезное внимание обращено на то, что богатые магнетитовые руды типа железистых кварцитов могут быть приурочены не только к интенсивным положительным магнитным аномалиям, но и к слабоинтенсивным и даже отрицательным. Это, главным образом, связано с изменением величин и направлений остаточного намагничивания руд в зависимости от залегания рудных тел и интенсивности их преобразования наложенными процессами метаморфизма. Примером могут служить Таловское и Чесноковское месторождения Лениногорского района.

На Таловском месторождении разнополярность остаточного намагничивания рудных тел обуславливает смену знака магнитных аномалий по простиранию рудной зоны. Это фиксируется тем, что на северо-западном фланге месторождения руды обнажаются в пределах контуров интенсивной (до 16000 гамм) положительной аномалии, вначале постепенно затухающей, а затем, на юго-восточном фланге, переходящей в отрицательную с напряженностью около - 3000 гамм. Остаточное намагничивание руд на юго-востоке месторождения имеет как северо-западное, так и северо-восточное склонение. Для первого из них характерно отрицательное наклонение вектора остаточной намагниченности ( $-5 \div -42^\circ$ ) и высокие значения намагничивания (до  $252000 \cdot 10^{-6}$  СГС), для второго положительное наклонение ( $+1 \div +44^\circ$ ) и намного ниже намагничивание (не более  $61000 \cdot 10^{-6}$  СГС).

Сравнение характера изменения магнитного поля и магнитной восприимчивости руд, величина которой изменяется в интервале  $2000-58000 \cdot 10^{-6}$  СГС, показывает, что от юго-восточного фланга месторождения к северо-западному суммарная намагниченность руд увеличивается и приобретает положительное наклонение. Одновременно в том же направлении крутое юго-западное падение рудных тел постепенно изменяется на вертикальное, а затем на пологое (до  $40^\circ$ ) северо-восточное. Метаморфизм руд, вызвавший их перекристаллизацию вдоль контактов с послерудными плагногранит-порфирами, возрастает в обратном направлении.

На Чесноковском месторождении напряженность аномалий

обычно колеблется в пределах 1000-3000 гамм, в то время как возмущающие объекты сложены сильномагнитными магнетитовыми кварцитами с восприимчивостью  $30000-80000 \cdot 10^{-6}$  СГС. По данным замеров намагниченности ориентированных образцов руд, такое несоответствие объясняется компенсацией индуцированного намагничивания остаточным, вектор которого направлен как в нижнее, так и в верхнее полупространство. Одновременно с этим, разнополярность остаточного намагничивания оказывает влияние на соотношение ширины аномалий с мощностью рудных тел. Так, например, над 5 и 4 рудными телами по максимальным градиентам аномалии имеют ширину около 5 м, а фактические мощности руд в пять раз больше (около 25 м).

Описанные явления могут быть вызваны разными причинами, но, как и на Таловском месторождении, главные из них - переменное залегание рудных тел (восточное падение на 1, 2, 3 и 6 рудных телах, западное - на 4 и резко переменное - на 5) и неравномерный метаморфизм руд (от слабого на 3 и 5 рудных телах, до интенсивного, с перекристаллизацией руд и наложенным скарнообразованием, на 1, 2, 4 и 6).

Приведенные фактические данные могут быть характерны и для многих других железорудных объектов Рудного Алтая. Они должны учитываться при геолого-геофизической оценке перспектив месторождений, рудопроявлений и аномалий.

В.Б.Баторин  
(ВИМС)

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ ВЕРХНЕЙ КРОМКИ ВОЗМУЩАЮЩИХ МАСС ПО ГРАВИТАЦИОННЫМ И МАГНИТНЫМ АНОМАЛИЯМ

В рудной геофизике одной из важнейших задач является задача определения глубины до верхней кромки возмущающих масс. Если рассматривать аномальное потенциальное поле, заданное на дневной поверхности (ось OX), как некоторую аналитическую функцию, то известна задача нахождения N - расстояния от оси OX до ближайшей к ней особой точки этой функции. В большинстве случаев параметр N определяет расстояние до верхней кромки возмущающего объекта.

Впервые задачу определения параметра  $H$  поставил и теоретически решил В.К.Иванов (1956г.). В дальнейшем этой задаче был посвящен ряд исследований: С.В.Шалаева и Г.А.Трошкова, В.Н.Страхова, В.Н.Страхова и М.И.Далиной, В.Н.Страхова и А.И.Масленниковой, М.Г.Сербуленко и др. В результате был создан ряд численных алгоритмов (в основном В.Н.Страховым с сотрудниками), которые получили практическое применение. Однако опыт их использования показал, что они не обладают нужной степенью устойчивости и точности. Неустойчивость в определении параметра  $H$  объясняется двумя факторами: а) неустойчивостью, лежащей в основе самой задачи; б) неустойчивостью, связанной с используемым аналитическим аппаратом. Первый фактор не устраняем, второй же может быть существенно ослаблен.

В.Н.Страховым был предложен способ определения параметра  $H$  на основе вычисления функции вида:

$$S_{\lambda}(z) = \frac{\int_0^{\lambda} F(t) \operatorname{ch}(zt) dt}{\int_0^{\lambda} F(t)^2 \operatorname{ch}(2zt) dt}$$

где  $F(t)$  — спектр, вычисляемый по четной части аномалии;  
 $\lambda$  — предельная частота спектра.

Им же было теоретически доказано, что функция  $S_{\lambda}(z)$  имеет единственный максимум вблизи значения, ордината которого может быть взята за оценку  $H$ .

На основе теории В.Н.Страхова составлена программа для ЭВМ "ЭРН" (в кодах М-20), предназначенная для определения параметра  $H$  по локальным гравитационным и магнитным аномалиям.

В качестве входных параметров программа использует следующие величины:

- $\Delta x$  — шаг задания поля;
- $\Delta z$  — шаг вычисления  $S_{\lambda}(z)$  по глубине;
- $h$  — приблизительная глубина центра масс.

Общее число точек, в которых задано исходное поле, не должно превышать 513, а также удовлетворять соотношению  $4m + 1$  ( $m = 1, 2, \dots, 128$ ). Результаты вычислений выдаются на печать в виде таблицы с одновременным построением графика

$\max S_{\lambda}(z) = f(\lambda)$ . Время счета зависит от числа точек задания исходного поля и интервала счета  $S_{\lambda}(z)$  по глубине и в среднем не превышает 10 минут.

Метод опробован на теоретических полях  $\Delta g$  и  $\Delta z$  от простейших двумерных моделей (горизонтальный круговой цилиндр, материальная пластинка, прямоугольная призма). При этом выявлены зависимости величины и характера погрешности определения параметра  $H$  от типа ближайшей особенности, шага задания поля, интервала задания и положения центра масс. Кроме того, исследовалось влияние случайных и систематических помех. Полученные результаты показали, что метод обладает достаточной устойчивостью к ошибкам входных данных и различным условиям задания поля.

Выполнено также опробование метода на теоретических полях  $\Delta g$  и  $\Delta z$  от трехмерных моделей, имитирующих железорудные объекты типа Гороблагодатского, Соколовского и Качарского месторождений при различной глубине залегания верхней кромки возмущающих масс (от 100 до 1400 м). Несмотря на сложную внутреннюю структуру рудных моделей, ошибка определения параметра  $H$  составила здесь в среднем 10-15% и лишь в отдельных случаях достигала 30%. Был подтвержден тот факт, отмеченный ранее на простейших моделях, что параметр  $H$ , определенный по магнитному полю, оказывается всегда заниженным в сравнении с истинным, а параметр  $H$ , определенный по гравитационному полю — завышенным. В совокупности они выделяют некоторый интервал глубин, внутри которого и находится истинная глубина до верхней кромки. Среднее из значений  $H$ , найденных по полю  $\Delta g$  и  $\Delta z$ , обладает существенно большей точностью и устойчивостью. Особо следует подчеркнуть, что трехмерность аномальных полей не вносит существенных искажений в вычисления, производимые по двумерным формулам.

Метод применен при интерпретации материалов по железорудным объектам — Соколовское, Сарбайское, Качарское, Северо-Песчанское месторождения, Хигаевская и Кременчугская аномалии. Сравнение с данными бурения подтвердило выводы о точности и устойчивости метода, полученные по модельным расчетам. Метод может быть рекомендован к практическому использованию.

НОВЫЕ ДАННЫЕ О МОРФОЛОГИИ РУДНЫХ ТЕЛ И ЗАЛЕЖЕЙ  
ХРОМИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ "МИЛЛИОННОЕ" И "АЛМАЗ-ЖЕМЧУЖИНА"  
(Компирсайский массив гипербазитов, Ю.Урал)

В результате специальных тематических исследований формы рудных тел и залежей хромитовых месторождений Миллионное и Алмаз-Жемчужина установлено:

1. Рудные залежи рассматриваемых месторождений имеют резко вытянутые в субмеридиональном направлении формы и состоят из нескольких крупных и многих небольших сближенных между собой хромитовых тел, находящихся в аподунитовых серпентинитах, а местами на глубине среди апогарцбургитовых серпентинитов. Длина рудных залежей по простиранию достигает 2320 м (м-ние Миллионное) и 2800 м (м-ние Алмаз-Жемчужина), при средней ширине в плане 200-250 м.

2. Рудные тела в залежах имеют столбообразные, линзообразные, киллообразные и, реже, неправильные гнездообразные формы. По отношению друг к другу они ориентированы последовательно, параллельно, субпараллельно и куллообразно. Простирание всех рудных тел близко к меридиональному (аз.прост.  $0-10^{\circ}$ ), падение на запад и реже на восток под углами  $0-50^{\circ}$ , склонение на юг под углами  $0-15^{\circ}$ .

3. Наиболее крупные по размерам рудные тела в залежах имеют столбообразные формы (№ 1 и № 2 на м-нии Миллионном и № 1 и 2 на м-нии Алмаз-Жемчужина) и характеризуются значительной протяженностью в направлении простирания и склонения, при сравнительно небольшой ширине в плане и мощности (Отношения  $l:b:h = 30:3:1$ , где  $l$  - длина рудного тела,  $b$  - ширина по падению и  $h$  - мощность рудного тела). Длина их достигает 1500-1700 м, ширина - 200-250 м, мощность - 150-250 м. Формы их в поперечных разрезах чаще всего неправильные. Менее крупные рудные тела в залежах имеют преимущественно линзообразные формы и достигают длины 300-500 м, при ширине в плане 150-200 м; рудные тела небольших и незначительных размеров имеют

линзообразные, киллообразные, шпирообразные и неправильные гнездообразные формы (Отношения  $l:b:h = 10:8:1$ ;  $8:2:1$  и др.).

4. Все отмеченные выше разновидности форм хромитовых тел в значительной степени уплощены и усложнены изгибами, раздувами, пережимами, апофизами и тектоническими дислокациями. Под влиянием крупных субширотных пострудных тектонических нарушений (сбросов и сбросо-сдвигов) рудные залежи были разбиты на ряд рудных блоков, смещенных относительно друг друга в вертикальном и горизонтальном направлениях на расстояния до 200-250 м и больше. В результате таких смещений рудные залежи месторождений имеют ступенчатый характер погружения в направлении их склонения.

5. Установлено, что наиболее крупные по размерам рудные тела в залежах тяготеют к их лежащим бокам, а небольшие и незначительные по размерам рудные тела размещаются, главным образом, в их висячих боках. Также выявлено, что морфология рудных тел значительно усложняется в направлении от их лежащих боков к висячим и, наоборот, значительно упрощается с возрастанием глубины залегания рудных тел, в направлении их склонения с севера на юг.

И.Г.Резников  
(Красноярское ТГУ)

КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА ПОИСКОВО-ОЦЕНОЧНЫХ РАБОТ НА  
ЖЕЛЕЗНЫЕ РУДЫ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К МЕСТОРОЖДЕНИЯМ ВОСТ.САЯНА

Месторождение ира Красноярского края входит в состав сырьевой базы черной металлургии Сибири. Общая перспективная оценка магнетитовых месторождений Вост.Саяна составляет 4 млрд. тонн. Некоторые месторождения вовлечены в эксплуатацию, другие находятся на стадии разведки или разведаны. Новые производственные мощности черной металлургии ставят перед геологами задачу поисков и разведки новых месторождений железа. На ире Красноярского края зафиксировано около 400 магнитных аномалий разной степени перспективных на магнетитовые метасоматические руды. Поэтому проблема выделения объектов на

Постановку первоочередных поисково-разведочных работ является, актуальной, кроме того составной частью этой проблемы является задача разделения магнитных аномалий на "вероятно рудные" и "вероятно нерудные" (породные).

Нами предлагается следующая методика перспективной оценки объекта, которая проводится по этапно.

I этап: Качественное определение природы аномалии: "рудная" или "породная" с помощью программ распознавания образов.

Геолого-геофизическая информация снимается с площади в  $10$  и  $2 \text{ км}^2$ , включая и площадь самого объекта по 29 наиболее информативным признакам. Геохимические данные, используемые при разделении, основываются на учете привносимых и выносимых элементов в процессе метасоматического изменения пород, и собираются они с эпицентральной части аномалии. Кроме того используются методы анализа кривых вертикального затухания, моделирование физических полей, расчет  $I$  по магнитным полям и сравнение с определенным по образцам.

II этап: для аномалий "рудной" природы проводится определение промышленной ценности, т.е. соответствует ли объект месторождению или рудопроявлению. Нами проводится разделение с помощью тех же программ распознавания образцов по 23 информативным признакам и методом вертикального затухания для объектов с возможным запасом  $>$  или  $< 15$  млн. тонн.

Этот порог разделения можно менять в зависимости от конкретных экономических предпосылок.

III этап: количественная оценка объектов "рудной" природы: Основным методом определения прогнозных запасов нами предлагается статистический, основанный на использовании уравнения регрессии.

На основе большой статистической информации выведено 5 формул определение прогнозных запасов, учитывающих от 9 до 11 геологических признаков как в натуральных величинах, так и логарифмах. Средняя ошибка метода II-18%, что вполне допустимо на стадии поисковых работ, а коэффициент значимости 0,97.

Выведено уравнение регрессии на основе геофизических параметров, но его целесообразнее использовать при определении прогнозных запасов по отдельным профилям или линиям.

На этом этапе работ проводится моделирование магнитного поля от конкретной геологической ситуации объекта. Под оптимальное магнитное поле подбирается модель аномалообразующего тела. Кроме того проводятся расчеты глубины верхней кромки возмущающего объекта, величины магнитной массы, выполняются различные геолого-структурные построения.

В итоге этих работ делаются конкретные рекомендации по дальнейшему направлению поисковых работ и размещению буровых скважин. Проведенные в 1972-74 г. специальные работы на ряде аномалий Восточного Саяна дают обнадеживающие результаты.

А.А.Лекерова  
(ИГН АН Каз.ССР)

#### ЭЛЕМЕНТЫ КРУПНОМАСШТАБНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПО ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИМ ДАННЫМ

В Байназарском и Куджалском рудных полях (Байназарский рудный район в Центральном Казахстане) по данным площадной литогеохимической съемки коренных пород (сеть опробования  $100 \times 100$ ;  $250 \times 250$ ) выявлены неизвестные здесь до этого зоны концентрически-замкнутой формы. Судя по всему, последние относятся к дислокациям скрытого типа (в процессе крупномасштабных геологических съемок обнаружены не были), "сквозного" независимо от рисунка складчатых и магматических структур района характера. Зоны выявлены по ореолам аномально-повышенных концентраций (количественные определения),  $Mo$ ,  $B$ ,  $Pb$ ,  $Cu$ ,  $Zn$ ,  $Ag$ , и первое время не находили объяснения в свете имевшихся представлений о геологическом строении исследованных рудных полей. Впоследствии было установлено, что зафиксированные геохимическими аномалиями зоны отличаются относительно повышенными пористостью, трещиноватостью, гидротермальной измененностью пород, выраженными не настолько интенсивно и ярко, чтобы можно было по этим признакам делать самостоятельный структурный анализ. По эффективности с геохимическим методом по коренным породам может сравниться морфометрический, которому до последнего времени не уделялось

должного внимания. По данным такого анализа все выделенные нами концентрические зоны приурочены к дугообразным мелкопочным гривам, разделенным такой же формы долинами, выполненными рыхлыми отложениями, округлой формы участками с относительно повышенным рельефом (центральная часть многоярусной концентрической структуры Байназарского поля, где отмечается относительная пространственная обликенность первых двух зон). В Куджалском рудном поле размеры концентрической зоны (пока единственной) составляет 1,5-2 км, в Байназарском - диаметры зон от центра к периферии составляют 1,2 км, 2,5 км и 5 км.

Рассматриваемые концентрические структуры являются рудоуправляющими: все известные в исследованных рудных полях рудопроявления и месторождения (кварцево-жильно-грейзеновой вольфрамово-молибденовой кварцево-жильной молибденовой рудных формаций) размещены в них и приурочены к участкам пересечения последних с линейными разломами. Подобного типа структуры не единичны: во всяком случае, там, где были проведены крупномасштабные литогеохимические съемки (Батыстауское рудное поле того же района, Л.Б.Иванов, 1970; рудные поля Ортауского района, Л.Б.Иванов, Э.И.Иванова, 1967 и др.) везде обнаружены многоярусные концентрически замкнутые зоны скрытого типа, контролирующие оруденение. Выявленные концентрические структуры высокого порядка связаны с рудоносными магматическими массивами. Автор рекомендует обратить внимание на возможность обнаружения структур подобного типа и в других рудных полях при условии включения в комплекс крупномасштабных поисково-съемочных работ литогеохимических (по коренным породам) и морфометрических исследований.

Р.М.Лобацкая  
(Вост.Сиб.НИИГГИМС)

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ РАЗЛОМОВ ДЛЯ ПРОГНОЗНОЙ ОЦЕНКИ РУДОНОСНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

Известно, что рудопроявления, особенно связанные с магматическими образованиями (жильного, дайкового типа), как правило, приурочены к ослабленным зонам земной коры. Контроль рудопроявлений и месторождений такого типа осуществляется в

первую очередь рудоподводящими структурами и фиксируются распределяющими их - рудовмещающими. Наиболее перспективные рудные узлы лежат, как правило, в местах пересечения упомянутых структур.

Установлено, что такие параметры разломов как длина и глубина проникновения в земную кору, длина и расстояние между разломами и некоторые другие стоят в прямой математической зависимости (Шерман, Лобацкая, 1972; Шерман, 1973). Так, например, длина разрывов и оптимальные расстояния между ними характеризуются выражением:

$$M = 0,44 L^{0,95} \text{ км, где}$$

M - расстояние между разломами,  
L - длина разломов

Использование приведенной выше формулы при анализе рудных зон позволяет теоретически рассчитывать положение рудоподводящих и рудоконтролирующих структур. Нами была сделана попытка применить подобный расчет в пределах одной из рудных площадей Бодайбинского синклиория.

С помощью статистического анализа установлено, что наиболее распространенными являются разломы аз.пр.290°, субширотные, 80°, 315° и 0-360°. Разрывные нарушения прочих направлений имеют незначительное распространение. Исходя из статистических данных и общих геологических предпосылок в качестве рудоподводящих структур выделены разрывные нарушения, сосредоточенные вдоль линий аз.пр. 280-290°. Разломы этого направления проявлены интенсивнее других, являются наиболее протяженными, очень выдержаны в пределах всей территории. Рудоконтролирующими могли стать в свое время разломы любого из второстепенных направлений.

Средней наиболее типичной для данного района длиной разломов является длина равная 8,8 км. Теоретически разломы такой протяженности могут располагаться на расстоянии не ближе 3,5 км. Этот несложный расчет позволил нанести на карту предполагаемые линии существовавших когда-то рудоподводящих структур. Оказалось, что из 36 известных рудопроявлений 29 (81%) расположены вдоль проведенных зон, 7 рудопроявлений (19%) - выходят за их пределы.

Положение упомянутых структурно-геометрических зон с шагом в 3,5 км в целом совпадает с рудными зонами, установленными по геологическим данным.

Как было сказано выше, контроль рудопроявлений осуществляется не только рудоподводящими, но и рудоконтролирующими структурами. Из всей массы разнообразно ориентированных разрывных нарушений наиболее перспективными, на наш взгляд, являются линии ЗI5<sup>0</sup>. Вдоль них сосредоточено 28 (76%) из 36 рудопроявлений. Необходимо отметить, что рудные жилы в пределах одного из месторождений района имеют главным образом ориентировку ЗI5<sup>0</sup>.

В узлах пересечения структурных линий субширотного и ЗI5<sup>0</sup> простирааний расположено 23 (62%) рудопроявления, в том числе и месторождение. Вне всяких закономерностей лежит лишь одно рудопроявление из 36.

На пересечении линии 290-ЗI5<sup>0</sup> образовалось IIЗ узлов, т.е., теоретически IIЗ точек возможной локализации рудопроявлений. Разумеется нельзя ожидать в каждом из этих узлов крупного месторождения или даже крупного рудопроявления типа уже открытых на площади, однако устанавливается определенная система в их размещении.

Несомненно, данный методический прием построения поисковой сети далек от совершенства, но дальнейшие разработки в этом плане могут дать интересные результаты, которые должны найти свое место в комплексе геолого-поисковых работ на месторождениях гидротермального и близкого к нему типов.

В.К.Волков  
(Аэрогеология)

#### ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ ПОИСКОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ПРИ ГРУППОВОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ (ГГС) МАСШТАБА 1:200000

Автор, являясь сотрудником одной из экспедиций объединения "Аэрогеология", приводящей ГГС масштаба 1:200000, занимается разработкой данной темы. Имеющийся опыт работы партии позволяет сделать некоторые предварительные практические выводы.

Методика поисков в общем подчиняется методике проведения ГГС, согласно которой часть площади съемки отбраковывается и не подлежит наземному посещению и опознанию. Обоснованием для отбраковки служат: малая информативность отдельных участков площади съемки для решения общих геологических задач, отсутствие на них полезной минерализации по данным предыдущих работ и отсутствие геофизических аномалий. По опыту работы партии такой подход к поискам не всегда оправдывается, а именно - не исключена возможность пропуска участков интересных в отношении обнаружения полезных ископаемых. Например, по непредвиденным транспортным обстоятельствам съемочный отряд провел работы на одном из отбракованных участков и выявил его перспективность на полезные ископаемые.

Таким образом, стоит прямая задача - разработать такую методику поисков полезных ископаемых, сопровождающих ГГС масштаба 1:200000, чтобы максимально уменьшить вероятность пропуска проявлений полезных ископаемых.

Для выбора наиболее рационального комплекса поисковых методов полезно площадь съемки расчленять на поля по признаку однородности геологического строения и по степени обнаженности следующим образом. Рассматриваемый район работы партии охватывает II листов масштаба 1:200000 и расположен в зоне сочленения Анабарского массива и Тунгусской синеклизы. В районе выделяются поля: а) поле выхода докембрийского фундамента платформы, сложенного сильнодислоцированными и метаморфизованными породами; б) поле моноклиально залегающих платформенных песчано-карбонатных пород и в) поле развития рыхлых ледниковых образований. Поля имеют различную историю геологического развития и, как следствие, характеризуются различной степенью сложности минералогических, геохимических и геофизических полей. Поэтому для них требуется принципиально различный методический подход при поисках полезных ископаемых.

Основная задача ГГС - дать прогнозную оценку всей площади. Для качественного выполнения ее, как видно из вышеприведенного примера, необходим площадной характер поисков. Методы поисков, применяемые при ГГС, подразделяются на две группы - аэрометоды и наземные методы. Аэрогеофизические методы имеют площадной характер. В рамках ГГС возможно также проведение

шлихового, гидрогеохимического опробований и опробование донных осадков в площадном масштабе. Эти методы обеспечивают соответствующую глубинность поисков (геохимические и аэрометоды), а их комплексирование позволяет выявить полезную минерализацию, как устойчивую в условиях гипергенеза (шлиховой метод), так и неустойчивую (гидрогеохимическое опробование, опробование донных осадков). Выбор метода и площадное опробование проводятся с учетом особенностей геологических полей: аэрогаммасъемка только в поле выхода пород фундамента; в полях развития пород фундамента и платформенных образований применим шлиховой метод поисков и др., т.е. в каждом поле поиски следует проводить не только с учетом его специализации на полезные ископаемые, но также с учетом эффективности данного метода в данном поле. Плотность опробования зависит от характера поля - чем сложнее поле, тем выше плотность.

Группа полезных ископаемых, не фиксируемая ни одним из обычных методов поисков (пьезосырье, слюды и др.) может быть обнаружена в ходе аэровизуальных наблюдений (выявляются предпосылки) и геологических работ на опорных участках.

Особое внимание уделяется литогеохимическим поискам. Они не имеют площадного характера и сопровождают маршрутные исследования, но плотность и методика опробования для каждого поля имеют свою специфику.

Предлагаемая комплексная методика поисков должна обеспечить получение максимальной поисковой информации по всем основным группам твердых полезных ископаемых.

Л.Г.Филимонова  
(ИГЕМ)

#### ОБ АДДИТИВНЫХ ВТОРИЧНЫХ ОРЕОЛАХ РАССЕЙНИЯ, КАК ИНДИКАТОРЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ РУДОКОНЦЕНТРИРУЮЩИХ СТРУКТУР

На территории Восточного Забайкалья среди сети разломов фундамента выделены такие их системы, которые обладают свойством концентрировать оруденение, определяя локализацию наиболее крупных рудных объектов самого различного состава (Томсон, Фаворская, 1968). Подобные широкие зоны линейных

дислокаций выделены под наименованием гудоконцентрирующих. В числе подобных структур Кличкинско-Дарасунская и Уктычинско-Уровская зоны, которые имеют ширину порядка до 50 км и пересекают различные структурно-формационные и металлогенические зоны под прямым углом. Помимо крупнейших сквозных структур в Забайкалье выделена сложная система разломов фундамента - ослабленных зон шириной до 5 км. и протяженностью во многие десятки километров. Узлы пересечения разноориентированных разломов фундамента могут определять локализацию рудных узлов и полей.

Проведенный анализ распределения геохимических аномалий во вторичных ореолах рассеяния в пределах северо-восточного фланга Кличкинско-Дарасунской рудоконцентрирующей структуры позволили установить, что последняя отличается от сопредельных территорий не повышенным содержанием элементов во вторичных ореолах рассеяния, а повышенной частотой встречаемости таких содержаний. Металлометрические ореолы, как правило, многокомпонентны (Филимонова Л.Г., 1972).

Для составления схемы экстенсивности аддитивных вторичных ореолов рассеяния на территории Восточного Забайкалья были использованы результаты металлометрических съемок, обобщенных на картах масштаба 1:200 000. За элементарную ячейку принимался квадрат со стороной 2 км. Она считалась аномальной, если на ее территории располагаются одна или несколько аномалий. Экстенсивность рассчитывалась на площади, состоящей из ста таких ячеек (20 x 20 км), и ее значение относилось к центру. Сменяя такую площадь на размер элементарной ячейки были получены значения экстенсивности через каждые два км.

Площади с высокими значениями экстенсивности (более 60%) в основном имеют овальную форму с резким падением значения экстенсивности от центра к периферии. Система таких максимумов, чередуясь с минимумами, довольно четко трассируют Кличкинско-Дарасунскую и Уктычинско-Уровскую рудоконцентрирующие структуры. В их пределах площади максимумов значительно больше площадей с низкой экстенсивностью. Пространство между рудоконцентрирующими структурами отличается довольно равномерным полем низкой экстенсивности.

Кроме рудоконцентрирующих структур северо-западного простирания максимумы экстенсивности аномалий во вторичных ореолах рассеяния сопровождаются также и известные зоны дислокаций широтного простирания. В отличие от северо-западных структур вспяжки максимумов экстенсивности в пределах широтных структур приурочены к тем их интервалам, где они пересекаются с первыми. Этим определяется подчиненный характер широтных каналов проницаемости по отношению к северо-западным. Действительно, крупные месторождения в пределах широтных структур располагаются в узлах их пересечения с северо-западными сквозными структурами.

Меридиональные зоны сквозных нарушений, которые играют роль структурных барьеров, отмечаются областями низкой (менее 20%) экстенсивности, вытянутыми также в меридиональном направлении. При пересечении меридиональными структурами северо-западных ширина пояса высокой экстенсивности, связанного с последней, значительно убывает.

Таким образом, величину экстенсивности аддитивных аномалий во вторичных ореолах рассеяния можно использовать как один из индикаторов рудоконцентрирующих структур.

А.А.Беляев, Л.Г.Филимонова  
(ИГЕМ)

#### К ВОПРОСУ О ВЗАИМОСВЯЗИ АДДИТИВНЫХ ВТОРИЧНЫХ ОРЕОЛОВ РАССЕЯНИЯ И МАСШТАБОВ ОРУДЕНЕНИЯ

В практике оценки перспектив рудоносности площадей обычно весьма важная роль придается геохимическим аномалиям. Учитывая взаимную корреляцию элементов-спутников на месторождении и комплексный характер ореолов рассеяния, можно полагать, что для рудных полей должна быть характерна повышенная экстенсивность суммы аномалий различных элементов во вторичных ореолах рассеяния.

Для проверки предположения о связи экстенсивности аддитивных вторичных ореолов рассеяния с масштабом оруденения

был применен метод классического факторного анализа (Небылицин, 1960). В качестве элемента выборки использовались данные о величине экстенсивности аддитивных вторичных ореолов рассеяния и запасах руды по одному государственному листу масштаба 1:25000. Возможные значения экстенсивности аддитивных вторичных ореолов рассеяния от нуля до ста процентов были разбиты на 5 классов, каждый из которых представлялся в качестве самостоятельного признака. В качестве остальных признаков были взяты пять классов масштаба оруденения (отсутствие месторождения, рудопроявление, мелкое, среднее и крупное месторождения) по следующим полезным ископаемым: Mo, Sn, CaF<sub>2</sub>, Pb, Zn. Таким образом, каждый элемент выборки характеризовался 35 параметрами, закодированными в бинарной системе.

Полученные результаты позволяют говорить о том, что величины аддитивных вторичных ореолов рассеяния и масштаб связанных с ними месторождений обусловлены влиянием главным образом двух факторов. Первый фактор в основном, влияет на формирование ореолов низкой экстенсивности (большой положительный вес). С ним связаны незначительные по масштабу проявления полиметаллов мелкие месторождения молибдена, средневольфрама и олова и крупные месторождения флюорита. Для золота корреляционные веса незначительны, но обнаруживают тенденцию связи слабых ореолов с крупными месторождениями.

Второй фактор влияет на формирование всего диапазона экстенсивности (значимы веса всех классов) и, вероятно, определяет их однородность. Положительные веса имеют минимальные и средние значения экстенсивности. С ними связаны крупные и средние месторождения молибдена, свинца, цинка и отчасти золота.

Таким образом, после проведенного математического анализа, можно считать, что экстенсивность аддитивных вторичных ореолов рассеяния можно использовать для прогноза крупных рудных полей. С низкими значениями связаны средние и крупные низкотемпературные месторождения эпitherмального типа (флюорит и др.), а также средние месторождения олова. С высокими значениями экстенсивности связаны среднетемпературные полиметаллические месторождения.

## РАЗДЕЛ II

ГЕОЛОГИЯ, ВЕЩЕСТВЕННЫЙ  
СОСТАВ РУД, МЕТОДЫ ПОИС-  
КОВ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖ-  
ДЕНИЙ БОКСИТОВ

О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ЗАЛЕГАНИЯ БОКСИТОВ  
В ГЕОСИНКЛИНАЛЬНО-СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЯХ  
(на примере Урала)

Изучение условий залегания и регионально-стратиграфических особенностей размещения среднепалеозойских бокситов и близких им в фациальном отношении образований (аллиты, сиаллиты, оолитовые железные руды со свободным глиноземом и др.) Урала позволяет сделать вывод об их исключительной приуроченности к поверхностям региональных параллельных (эрозионных) несогласий, развитых внутри мощных (многие сотни, первые тысячи метров) мелководных карбонатных комплексов. Подобные историко-структурные взаимоотношения наблюдались практически на всех месторождениях и рудопроявлениях бокситов и их фациальных аналогов Североуральского бокситового пояса, Пашийско-Чусовского района, центральной части Уфимского амфитеатра и Южноуральского бокситового района. При этом отдельные, в целом очень редкие отклонения от этого правила обычно находят свое объяснение: либо во влиянии древнего карста, обуславливающего видимые (кажущиеся) изменения углов падения пород подошвы продуктивных пачек; либо в воздействии дорудной дизъюнктивной тектоники, широко проявленной в рудных полях бокситовых месторождений Восточного склона Северного Урала (Пейве, 1947 и др.).

Отмеченные особенности залегания бокситов имеют также место в бокситорудных районах других геосинклиналино-складчатых областей Евразии. Так, прские и меловые залежи бокситов Динарид Югославии и Эллинид Греции четко приурочены к поверхностям региональных несогласий параллельного типа внутри мощных мезозойских карбонатных толщ (Обуэн, 1967). Видимые искажения первичных элементов залегания отложений подошвы рудных тел, связанные с развитием древнего карста и сети дорудных разрывных нарушений, соответственно указы-

ваются на ряде месторождений Греции ( Papastamatiou ,1965) и Венгрии ( Szanter , 1969). Примеры подобного рода могут быть продолжены.

В ряде районов Урала фиксируются переходы в латеральном направлении бокситоносных эрозионных несогласий в скрытые (например, на отдельных участках по р.р. Калье и Сосьве в Североуральском районе Восточного склона, р.Серге в центральной части Уфимского амфитеатра и т.д.). Описываемое явление имеет важное прикладное значение, ибо выявление и последующее прослеживание по простиранию скрытых несогласий может привести к обнаружению новых залежей бокситов. В этой связи особого внимания заслуживают районы развития так называемых "непрерывных" разрезов силура и девона, выраженных в мелководных карбонатных, в частности, рифогенных фациях. В пределах последних роль указанных несогласий исключительно велика. Как показывают расчеты Д.В.Наливкина (1974), для накопления 400-600-метровых рифовых массивов, сложенных образованиями стратиграфического диапазона лудлов-эйфель, общая продолжительность которого оценивается более 40 млн.лет, необходимо всего ок. 2-4 млн.лет и, следовательно, на остановки (перерывы) в морском осадконакоплении приходилось порядка 36-38 млн.лет.

Таким образом, одним из наиболее важных путей успешного прогнозирования бокситовых месторождений в геосинклинально-складчатых областях является разработка методик выявления и площадного трассирования скрытых несогласий.

Рассматривая продолжительность перерывов, в качестве одного из основных критериев оценки масштаба оруденения, предлагается подразделять их на три основные группы, между которыми возможны переходы (1-3):

1. Континентальные перерывы, отражающиеся выпадением из регионального разреза весьма существенных стратиграфических интервалов (порядка яруса и крупнее). С ними, как правило, связаны наиболее крупные бокситовые месторождения "карстового" типа: группы месторождений Североуральского бокситового пояса, Франции, Югославии, Греции, Венгрии, Боксонское месторождение в Восточном Саяне и т.д. За время

столь длительных перерывов из-под уровня моря выходили значительные по своим размерам участки бассейнов карбонатного седиментогенеза, на которых энергично развивались процессы карстообразования и латеритного выветривания. Иногда в течение таких перерывов могли иметь место некоторые перестройки в структурных планах районов бокситонакопления, выражавшиеся, главным образом, в виде азимутальных несогласий между отложениями, подстилающими и перекрывающими бокситы.

2. Континентальные перерывы, которым в разрезах соответствуют пробелы порядка подъяруса и биостратиграфической зоны. Во время них не происходило перестроек в структурных планах бокситоносных районов и резких смен комплексов ископаемой фауны. С ними обычно связаны мелко-, редко средне-масштабные месторождения, а также рудопроявления бокситов. Иллюстрациями сказанному служат месторождения Южноуральского бокситового района, мелкие месторождения и рудопроявления "богословского" стратиграфического уровня Восточноуральского субрегиона, девонские рудопроявления Салаира. То обстоятельство, что скопления бокситов могут быть заключены в пределах одной биостратиграфической зоны (например, зоны *Zhdimir pseudobaschkiricus*) свидетельствует об отсутствии связи между продолжительностью (в масштабе относительной геохронологической шкалы) перерыва и самим актом образования бокситов.

3. Перерывы в шельфовой седиментации, локализовавшиеся в разрезах в виде диастем и внутриформационных размывов, как правило, имеют отрицательное значение для сохранности сформированных бокситовых залежей. В подобных случаях нередко происходил размыв последних, иногда сопровождавшийся переотложением и разубоживанием бокситового материала. Так, в продуктивном горизонте "субровского" стратиграфического уровня Североуральского района Восточного склона Урала отмечается размыв на границе промышленного подгоризонта красных окисленных руд и залегающего непосредственно выше не промышленного подгоризонта "пестроцветных бокситов".

А.Е. Живкович, А.А. Коломенский  
(ВИМС, МГУ)

ОБ ОДНОЙ ИЗ ФАЦИЙ НИЖНЕ-СРЕДНЕДЕВОНСКОГО  
РИФОВОГО КОМПЛЕКСА ЗАПАДНОГО СКЛОНА  
СРЕДНЕГО УРАЛА

Неизменная пространственная связь наиболее крупных и высококачественных залежей бокситовых месторождений Восточного склона Северного и Среднего Урала с карстовыми формами отдельных фациальных зон ниже-среднедевонских рифовых комплексов обуславливает необходимость выяснения особенностей строения последних. Нами детально изучались разрезы Сергинско-Уфимского рифового комплекса центральной части Уфимского амфитеатра, обычно рассматриваемого в качестве северного звена древнего рифового барьера Западного склона Среднего и Южного Урала. В пределах этого комплекса В.П. Шуйским и В.П. Мухиной (1966) выделяются следующие фации: гребневая, рифового склона, лагуны барьерного рифа и предположительно околорифовой впадины.

Помимо перечисленных фаций, представляется возможным выделить фазию межгребневых понижений, достаточно широко развитую в пределах Сергинско-Уфимского рифового комплекса. Слагающие ее отложения представлены преимущественно светлоокрашенными, неясно- и толстослоистыми, реже массивными, микро- и тонкозернистыми, плотными, обломочными и органогенно-обломочными, участками сильно перекристаллизованными известняками. Их накопление происходило в относительных понижениях рельефа собственно рифового массива между выступами фитогенных известняков гребневых фаций. При этом вкупе с отмершими образованиями последних осадки фации межгребневых понижений слагали значительные по площади участки древнего рифового плато.

В участках развития отложений фации межгребневых понижений местами наблюдаются банковые скопления бентосной фауны и, в частности, брахиопод. По характеру захоронения

выделяются автохтонные и аллохтонные брахиоподовые банки. Скопления первого типа, в которых преобладают находящиеся в прижизненном положении раковины хорошей сохранности, представляли небольшие "поляны" в пределах отдельных развивавшихся биогермов, где среди растущих водорослей обитали брахиоподы и некоторые другие бентосные организмы. Обычно заполненные вторичным кальцитом полости их раковин свидетельствуют о высокой скорости накопления осадка. Банки второго типа в сущности являлись своеобразными микрозонами разгрузки в участках, непосредственно примыкающих к относительным поднятиям образований гребневых фаций, на что указывает типичное присутствие в них разрозненных створок брахиопод.

Среди брахиоподового населения фации межгребневых понижений в количественном отношении резко преобладали атрипиды (50-70% от общего числа брахиопод), из которых наиболее характерны представители рода *Karpinskia* (до 80%). Далее следуют ринхонеллиды (ок. 25%), среди которых чаще других встречаются остатки представителей рода *Stegonyx*. Пентамериды составляют от 8 до 20% от общего количества брахиопод. В значительно меньших количествах присутствуют спирифериды и строфомениды, но и они могут местами образовывать достаточно крупные скопления (до 30%).

В заключении необходимо отметить, что фации межгребневых понижений наиболее характерны для стадии максимальной дифференциации рифовых комплексов.

В.А. Цыганов  
(ВИМС)

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ  
ПРИ ПОИСКАХ БОКСИТОВ

Согласно поисковой классификации промышленных месторождений бокситы относятся к группе несоздающих геохимические аномалии. Это обосновывается историческим этапом в изучении бокситообразования, в развитии теории геохимических поисков и аналитических методов.

Материал, имеющийся к настоящему времени, позволяет пересмотреть такую постановку вопроса и наметить некоторые направления в развитии этой проблемы.

При анализе характера распределения химических элементов в бокситах можно выделить три основных поля распределения элементов, в целом совпадающие с полями развития элементов с основными, амфотерными и кислотными свойствами, что в общих чертах соответствует процессу латеритообразования с выносом элементов с щелочными и кислотными свойствами и с накоплением амфотерных элементов.

Мозаичность в распределении элементов в кислотном и щелочном полях связана с процессами, наложенными на результат латеритного процесса при диагенезе, эпигенезе, метаморфизме и т.д.

Элементы амфотерного поля могут создавать главным образом механические ореолы, а отдельные элементы щелочного и кислотного полей, накопленные при наложенных процессах, могут создавать солевые, водные и газовые ореолы.

При сравнении содержаний элементов в бокситах и чувствительности наиболее распространенных видов анализа можно сделать выводы: 1) о необходимости использования мультипликативных значений содержаний элементов в почвах для оконтуривания ореолов амфотерных элементов вокруг бокситов; 2) о необходимости применения специальных методик на отдельные элементы (спектрометрия, ртутьметрия), где точность определений позволяет значительно снизить аномальное содержание.

Далее, на основе анализа элементов, выносимых при латеритизации, можно сделать вывод об их фиксации в коррелятивных отложениях прилегающего бассейна, геохимической специфике определенных стратиграфических уровней в зависимости от степени развития коры выветривания на водосборных площадях.

#### ТЕКТОНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЗАПОЛНЕНИЯ ЭРОЗИОННЫХ И КАРСТОВЫХ ФОРМ НА ПРИМЕРЕ МЕЛОВЫХ БОКСИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА СРЕДНЕГО УРАЛА

Существует две точки зрения на условия формирования и заполнения карста. В.П.Казаринов и его соавторы (1969) считают, что процессы образования и заполнения карста являются одновременными. Приняв эту точку зрения, надо признать, что заполнение карстовых форм происходит в условиях тектонического воздымания, т.к. именно такая обстановка необходима для формирования карста (Разумова, Херасков, 1968).

Согласно другой точки зрения заполнение эрозионных и карстовых форм происходит в условиях прогибания земной коры. Именно такие условия существовали при отложении меловых осадков на восточном склоне Среднего Урала (Кротов, Столярова, 1942; Вахрамеев, 1946; Папулов, 1974). Здесь имеются эрозионные и карстовые понижения, выполненные континентальными (бокситоносными) меловыми отложениями и эрозионные впадины более позднего возраста, выполненные морскими осадками. Мощности континентальных меловых осадков, которые развиты сплошным покровом в пределах площади Каменского бокситового района, резко возрастают в пределах погребенных ими воронок, что свидетельствует о заполнении понижений во время формирования чехла рассматриваемых осадков в условиях тектонического погружения земной коры. Такая же тектоническая обстановка повторилась и в эпоху заполнения эрозионных впадин в континентальных меловых осадках морскими верхнемеловыми отложениями.

Изложенное свидетельствует о том, что расчленение рельефа (и формирование карста) в пределах восточного склона Среднего Урала происходило в условиях тектонического воздымания, а заполнение — в условиях погружения земной коры.

А.К.Ивченко  
(Аэрогеология)

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПАЛЕОГЕОГРАФИИ ТИМАНА НА  
ПОЗДНЕДЕВОНСКОЕ ВРЕМЯ В СВЯЗИ С ПЕРСПЕКТИВАМИ  
ПОИСКОВ НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОКСИТОВ

1. В настоящее время Тиман является новым бокситоносным районом. На территории Тиманского Кряжа выявлены два типа месторождений: латеритный – район Четласского Камня (Плякин, Абрамов и др., 1972; Воронцов, 1974 и др.) и осадочный – южнотиманский комплекс месторождений (Демина, 1972; Гуляев, Сидорова, Абрамов, Колокольцев, 1974 и др.).

2. Наиболее интересным вопросом, с нашей точки зрения, в настоящий момент является тектоно-магматический цикл, с которым связывают бокситообразование в данном регионе. Основными благоприятными для этого факторами являлись: литологический (наличие поверхностей выравнивания, сложенных карбонатно-сланцевыми породами верхнерифейского возраста, подвергавшихся выветриванию от раннего кембрия до раннефранского времени); климатический (наличие жаркого субтропического климата); тектоно-магматический.

3. В результате комплексных исследований (широкое использование аэрофотогеологических и общегеологических методов), проводимых на территории Тиманского Кряжа в период 1972-74 г.г. коллективом комплексной аэрогеологической экспедиции № 14, были решены некоторые вопросы палеотектонического и палеовулканологического характера.

4. На протяжении всего времени развития Тиманского Кряжа в различные эпохи его формирования происходили постепенные перестройки тектоно-магматического плана. Наиболее характерными направлениями разрывных нарушений в земной коре данного района для разных тектоно-магматических циклов являлись следующие системы: на начало раннего кембрия – ЗСЗ-ССВ; ранний и средний девон – субмеридиональные (спокойное развитие поднятий); раннефранское время поздне-

го девона ЗСЗ-ССВ; каменноугольное время – СЗ-СВ.

5. На основании изучения петрохимических и петрологических особенностей базальтоидов раннефранского возраста (наиболее широко распространенных в данном регионе) и сравнения их с современными областями вулканической деятельности, автор пришел к выводу о том, что вулканогенные образования девонского возраста на Тимане характерны для земной коры переходного типа (субконтинентальный – субокеанический). Современной областью сопоставимого с Тиманом вулканизма является Курильская островная дуга.

6. Наибольшим распространением на Северном и Среднем Тимане пользуются базальтоиды высокоглиноземистой серии, которые развиваются в областях с земной корой переходного типа (диаграммы Харкера для суммы щелочей). Район Южного Тимана в раннефранское время относится (по аналогии петрохимических характеристик) к зоне развития коры континентального типа (базальтоиды сверхизвестковой толеитовой серии).

7. В пределах Тимана можно выделить два типа вулканов: центральные (или жерловые, Средний и Южный Тиман) и линейные (Северный Тиман и п-ов Канин).

8. На протяжении позднедевонского и каменноугольного времени развития происходит тектоническая перестройка Тимана, в результате которой подновляются старые трещины в земной коре и на структуры раннефранского времени накладываются грабенподобные структуры обрушения северо-восточного простирания.

9. В пределах одного из таких грабенов находится месторождение латеритных бокситов, перекрытое вулканогенной толщей раннефранского возраста. В связи с этим перспективными площадями будут являться структуры с аналогичными тектоно-магматическими условиями.

Т.П.Мамонтова, М.Н.Репина  
(ВИМС)

ОСОБЕННОСТИ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА БОКСИТОВ  
ВЕЖАК-ВОРЬКВИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СРЕДНЕГО  
ТИМАНА И ПРОДУКТОВ ИХ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Вежак-Ворьквинское месторождение Среднего Тимана отличается сложным строением рудного тела и необычным минеральным составом.

Изучение структурно-текстурных особенностей руд показало, что им свойственны, главным образом, беспорядочные, пятнистые, реликтивно-слоистые текстуры, обломочные и бобово-обломочные структуры с обломками различных размеров, реже пелитоморфные. Среди обломочных бокситов были выделены плотные (красные и белые разности) и каменистые (красные и серо-зеленые разности) бокситов, различающиеся по окраске, степени цементации, минеральному составу и приуроченности к определенным частям разреза рудного тела.

Высокая дисперсность подавляющей массы минералов, а также темно-бурая окраска пород часто делает невозможной их диагностику в прозрачных шлифах. Это вызвало необходимость, кроме общепринятого изучения породы в шлифе и химического анализа, применять дополнительный комплекс методов. Основным из этих методов является рентгено-структурный анализ. Использовались также методы ядерного гамма-резонанса и инфракрасной спектроскопии, а также термический анализ.

Бокситы Среднего Тимана относятся к моногидратному типу. Основным рудообразующим минералом их является бемит, отчасти диаспор. В тесной ассоциации с ними почти всегда в значительном количестве содержатся минералы окиси железа - преимущественно гематит, в меньшей степени - гетит. В большинстве случаев в этих бокситах присутствует шамозит, содержание которого колеблется от долей процента до 30-35%, а участками до 90-95%. Каолинит в составе бокситов большей частью играет незначительную роль.

Выделяются следующие минеральные разновидности: гематит-бемитовые, шамозит-бемитовые, каолинит-бемитовые; ограниченным распространением пользуются диаспоровые и бемитовые разности. Своеобразие минерального состава выражено развитием в рудах шамозита разных структурных модификаций (ромбической и моноклинной). По данным ряда дифрактограмм в бокситах данного месторождения было установлено присутствие алмогетитов и алмогематитов, изоморфно содержащих в своем составе алюминий. Содержание в алмогетитах  $Al_2O_3$  колеблется от 5 до 19 мол.%, а в алмогематитах - от 3 до 12 мол.%. Трудно диагностируемым минералом тиманских руд является галлуазит разной степени окристаллизованности, существование которого подтверждено электронномикроскопическим и рентгено-структурным анализами.

Для повышения экономической эффективности переработки бокситового сырья изучался минеральный состав продуктов выщелачивания бокситов в байеровском процессе. Установлено, что недоизвлечение алюминия происходит по ряду причин. Так, бемит частично остается в красных шламах, что, видимо, связано с крупностью кристаллов такого бемита. Шамозит, имеющий в своем составе алюминий, в основном инертен в байеровском процессе. Каолинит и галлуазит способствуют образованию в процессе выщелачивания гидроалюмосиликата натрия. Алюминий, входящий в кристаллическую решетку алмогетита и алмогематита, обуславливает дополнительную потерю глинозема.

С целью проследить динамику процесса было проведено "стадийное" выщелачивание двух проб бокситов при температурах 100°C, 150°C, 200°C и 240°C. Результаты эксперимента показали, что минеральный состав красного шлама при 200°C и 240°C практически одинаков, но извлечение глинозема даже при 240°C еще не закончено. Кроме того, эксперимент позволил предположить, что ромбическая форма шамозита более инертна в байеровском процессе, чем моноклинная.

Начатое изучение вещественного и минерального состава

среднетиманских бокситов имеет большое значение в познании генетической природы месторождения и выбора наиболее рациональных технологических схем извлечения алюминия.

В. В. Пенский  
(МГРИ)

ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
СВОЙСТВ БОКСИТОВ НА ПРИМЕРЕ ВЕЖАД-  
ВОРЬКВИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СРЕДНИЙ  
ТИМАН)

1. Ранее при изучении технологических свойств руд месторождений бокситов отбирались 1-2, редко 3-4 пробы, весом 100-150 т каждая. Последние считались представительными для данного месторождения, а результаты их изучения распространялись на все месторождение.

Для месторождений Среднего Тимана подобная методика изучения технологических свойств непригодна, т.к. продуктивный горизонт этих месторождений сложен неоднократно и весьма закономерно чередующимися как в разрезе, так и по простиранию бокситами различного качества. Кроме того, в состав руд входит шамозит, распределение которого неравномерно и единичными пробами на стадии поисковых работ закономерности в его распределении не могут быть изучены. В связи с этим была принята к исполнению новая методика изучения технологических свойств руд, заключающаяся в отборе и последующем анализе массовых проб, которые характеризуют все месторождение по площади и в разрезе.

2. В пределах Вежад-Ворыквинского месторождения была изучена серия профилей. В каждом поисково-разведочном профиле по каждой скважине на полную мощность рудного тела отбирались поинтервальные пробы. Каждая проба сопровождалась химическим составом  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$ ,  $TiO_2$ , Ппп. Пробы были подвергнуты стандартному выщелачиванию по способу Байера.

Поскольку для всего месторождения в целом и для каждой пробы в отдельности в настоящее время известны лишь химические составы, необходимо было найти связь между технологическими свойствами и химическим составом с одной стороны и химическими и минералогическими свойствами с другой.

На основании химических анализов была построен ряд графиков, позволявших выявить особенности бокситов Вежад-Ворыквинского месторождения.

3. Среди руд Вежад-Ворыквинского месторождения присутствуют три основных минеральных типа руд - существенно каолинит-бемитового состава, существенно шамозит-бемитового состава и смешанного каолинит-шамозит-бемитового состава. Для первого типа полностью отсутствует связь между содержанием кремнезема и количеством закиси железа. Для второго типа руд имеет четкая прямая зависимость между содержанием кремнезема и закисью железа. Третий тип руд - смешанного каолинит-шамозит-бемитового состава - не обладает какой-нибудь четкой закономерностью в изменении содержания кремнезема и закиси железа.

Разделение бокситов Вежад-Ворыквинского месторождения на три группы подтверждается при рассмотрении зависимости потерь глинозема при стандартном выщелачивании бокситов по способу Байера от количества закиси железа в исходной пробе - при увеличении закиси железа увеличиваются потери глинозема.

4. Отличительной чертой бокситов Вежад-Ворыквинского месторождения является тесная связь между содержанием кремнезема и кремниевым модулем бокситов, изменяющаяся в первом приближении по параболе.

5. Анализ основных технологических показателей химического и минерального состава бокситов показал, что основным компонентом, определяющим качество руды, является количество кремнезема в бокситах. Так, потери глинозема, происходящие при стандартном выщелачивании бокситов по способу Байера, прямо пропорциональны содержанию кремнезема в исходной руде.

6. Минералого-технологические особенности бокситов на данном месторождении могут быть конкретно определены лишь при отборе и анализе массовых проб.

П.А.Чехович  
(ВИМС)

#### ЭТОД ПО ПЕТРОХИМИИ БАЗАЛЬТОВ СРЕДНЕГО ТИМАНА В СВЯЗИ С УСЛОВИЯМИ ИХ ЗАЛЕГАНИЯ В БОКСИТОСНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Среди континентальных красноцветов, слагающих нижнюю часть разреза верхнедевонских отложений Среднего Тимана, широким развитием пользуются основные эффузивы. В пределах месторождений бокситов эти эффузивы чаще всего перекрывают продуктивную толщу, залегая либо непосредственно на бокситах, либо на песчано-глинистых породах надрудной пачки. Однако в редких случаях небольшие по мощности тела базальтов отмечаются и среди отложений подрудной аргиллитоглинистой пачки. Это дало основание ряду исследователей считать такие базальты незатронутыми выветриванием остатками гипотетической покровной толщи, сформировавшейся в течение ранней фазы девонского вулканизма. Сами же бокситы рассматривались этими исследователями как продукт латеритного выветривания эффузивов ранней фазы, что соответствующим образом ориентировало поиски. Рассмотрение некоторых петрохимических особенностей основных вулканитов Среднего Тимана позволяет высказать иную точку зрения на условия залегания базальтов в подрудной пачке.

По петрографическому составу базальты, развитые в пределах месторождений близки между собой. В основном это — двупироксеновые долериты с толеитовой структурой; несколько реже встречаются оливинсодержащие базальты с микропофидофитовой структурой.

По химическому составу базальты также весьма однообразны. Главные петрохимические особенности этих пород сводятся к насыщенности кремнезёмом, низкому содержанию щелочей, повышенному содержанию цветных компонентов и

довольно высокому коэффициенту  $Fe^0:MgO$  при постоянном преобладании закиси железа над окисью. Эти особенности характеризуют главные черты плато-базальтовой формации, являющейся основным элементом траппового магматизма платформенных областей.

Проанализированные образцы пород довольно четко разделяются на две группы по величине отношения  $FeO:Fe_2O_3$ . К одной, более многочисленной группе, относятся базальты с отношением  $FeO:Fe_2O_3$  от 1,0 до 2,0, что соответствует значениям характеристики "Ф" от 19,4 до 15,5; ко второй — базальты, у которых указанное отношение повышается до 2,5-2,7 (значения "Ф" II, 9-II, 7). По мнению ряда авторов, изучавших платформенные траппы других регионов и, в частности, траппы Сибири, такое различие в степени окисленности эффузивов является одним из наиболее надежных критериев разделения излившихся и субинтрузивных разностей базальтов. С этой точки зрения представляют интерес эффузивы, вскрытые на Верхне-Ворыквинском месторождении скважиной 580, где они залегают в подрудной пачке в виде нескольких маломощных (0,20-0,70 м) прослоев, перемежающихся с красновато-коричневыми глинами. Базальты здесь, как правило, сильно изменены, что выражается в повышенном содержании  $K_2O$ , однако свежие, незатронутые изменением породы характеризуются наиболее высоким значением отношения  $FeO:Fe_2O_3$ . Согласно упомянутым выше представлениям, это может служить указанием на то, что базальты, залегающие среди глин подрудной пачки, представляют собой небольшие пластовые интрузии, которые формировались, скорее всего, уже в пострудное время синхронно с перекрывающими бокситы базальтовыми покровами. Сделанный вывод заставляет усомниться в правомочности тезиса о существовании "дорудных" покровов и, тем самым, в правомочности суждений о базальтах как об источниках бокситообразования на Среднем Тимане.

В.И.Петренко  
(ЛОПИ)

#### ДОТУЛЬСКАЯ КОРА ВЫВЕТРИВАНИЯ ФАМЕНСКИХ ПОРОД НА ЮЖНОМ ТИМАНЕ

На Южном Тимане тульская бокситоносная пачка визейского яруса в большинстве случаев залегает на фаменских карбонатных, глинисто-карбонатных, карбонатно-глинистых породах и глинах. На основных бокситоносных площадях породы фаменского яруса отличаются различными литологическими свойствами и глубиной древнего эрозионного среза.

В пределах Кедва-Тобьской бокситоносной площади в разрезе фаменских отложений преобладают тонкоплитчатые листоватые и чешуйчатые голубовато-зеленые гидрослюдистые глины, иногда алевролитистые и известковистые, с прослоями мергелей, известняков и доломитов.

На Верхне-Вольской площади повсеместно развиты глинистые зеленовато-серые узловато-конгломератовидные, тонкослоистые и массивные известняки. Количество нерастворимого остатка в известняках колеблется от 0 до 30%, отношение  $Al_2O_3$  к  $SiO_2$  в нем не превышает 0,7.

В пределах Кедва-Тобьской бокситоносной площади многими поисковыми скважинами вскрыты реликты площадной коры выветривания, развитой по фаменским глинам, пространственно тяготеющей к склонам дотульских впадин, к зонам перехода от площадей сноса к площадям аккумуляции. На возвышенных участках древнего рельефа она уничтожена эрозией. Максимальная мощность ее 5,0 м, обычно 0,2-0,6 м.

В нижней части профиля коры выветривания глины приобретают пятнистую окраску (от желто-бурой до буро-фиолетовой), однако исходные текстурные и структурные особенности их сохраняются. Минеральный состав по данным рентгеновского и термического анализов, представлен гидрослюдой, гетитом, следами каолинита.

Выше по разрезу глины становятся комковатыми. Цвет их

оуро- и сиренево-коричневый, иногда с реликтами первичной зеленой окраски в виде мелких пятен, с изометричными гнездами каолинита размером до 2,0 мм. В минеральном составе породы преобладает каолинит. Гетит и гидрослюда имеют подчиненное значение.

Верхняя часть профиля коры выветривания местами (скв. 824) сложена хорошо окристаллизованным каолинитом. Выше, в этой же скважине, в нижней части бокситоносной пачки (0,3 м) наблюдаются обломки пород коры выветривания.

Данные химических анализов показывают, что в коре выветривания снизу вверх увеличивается содержание глинозема (от 22,8 до 31,7%), уменьшается количество кремнезема, оксидов кальция, натрия, калия, фосфора.

Минералы свободного глинозема в коре не обнаружены.

Карбонатные породы также подвергаются выветриванию. На Тимшерско-Пузлинской и Верхне-Вольской площадях фаменские известняки в верхней части разреза (2-10 м) сильно выщелочены, доломитизированы, нередко пятнисто окрашены (розовые, сиреневые, желто-бурые пятна). На стенках каверн отмечается вторичный кальцит.

На этих же площадях, в пределах залежей бокситов и вблизи их на известняках и доломитах фаменского яруса почти повсеместно залегают серовато-зеленые листоватые тонкоплитчатые глины мощностью от 0 до 3,0 м, по мнению некоторых исследователей (Горбачев, Крылов, 1968 и др.) являющиеся нерастворимым остатком фаменских глинистых известняков и относимые всеми геологами к бокситоносной пачке. В минеральном составе неизмененным выветриванием глин преобладает дегидратированная гидрослюда. Спорадически встречаются монтмориллонит, шамозит, сидерит и пирит. В нижней части слоя глин наблюдаются обломки фаменских известняков и доломитов.

При выветривании эти глины уплотняются и постепенно переходят в аргиллиты каолинитового состава, светло-серые на Тимшерско-Пузлинской площади и сиренево-коричневые - на Верхне-Вольской, содержащие иногда в верхней части единич-

ные зеленовато-бурые бобовины размером I-4 мм, и следы свободного глинозема (бемита). Природа последнего неясна. Вероятно, он мигрировал из вышележащих бокситов.

На различных горизонтах этих глин, сохранившихся от размыва, залегают бокситовые породы.

Таким образом, на Южном Тимане в предтульское время была широко развита площадная кора выветривания каолинового состава, которая, по нашему мнению, явилась основным поставщиком материала для тульской бокситоносной пачки. Причем в пределах Кедва-Тобьиской площади эта кора развивалась непосредственно по фаменским глинам, а на Тимшерско-Пузлинской и Верхне-Вольской площадях - по гидрослюдистым глинам, залегающим между известняками фаменского яруса и бокситоносной пачкой.

Р.С.Контарович, Д.В.Сургай  
(ВИМС)

#### ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНЫХ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ПОИСКАХ БОКСИТОВ НА СРЕДНЕМ ТИМАНЕ

1. Комплексное применение основных аэрогеофизических методов (магнитометрических, спектрометрических, электро-разведочных) позволяет решать ряд задач поисков рудных месторождений и геологического картирования с достаточно высокой геологической и экономической эффективностью.

2. Применяемая на Среднем Тимане с 1972 г. комплексная аэрогеофизическая станция формы "Макфар джеофизик", в настоящее время, состоит из следующих устройств: двухчастотная аэроэлектроразведка методом индукции с буксируемой гондолой Г-400; аппаратура СДВ - радиокип КЕМ; ядерно-прецессионный магнитометр G-80I/ЗВ; дифференциальный цифровой гаммаспектрометр DIGRS; аналоговый регистратор "Хониуэлл I508"-300I; система кодовой регистрации "Джеометрик" G-704; 16-мм кинокамера "Винтен-ЗМК" и отечественный аэрофотоаппарат АФА-Г-17.

3. Слабая контрастность физических свойств среднетиманских бокситов ограничивает возможности геофизических методов для прямого поиска рудных тел. При этом значительно возрастает роль комплекса аэрогеофизических методов, который позволил бы получить наиболее полную информацию о геолого-структурных особенностях слабо изученной и труднодоступной территории.

4. Работы в районе Ворыквинских месторождений бокситов показали, что примененный комплекс аэрогеофизических методов позволяет наиболее эффективно решать задачи разделения литологических комплексов, трассирования разрывных нарушений, картирования рельефа кровли рифейского фундамента и выявления депрессий. В результате этих работ разработаны некоторые критерии, позволяющие наметить в пределах исследованных площадей бокситоперспективные участки.

5. В результате выполнения работ таким комплексом аэрогеофизических методов можно оценить перспективность территории на сульфидные, радиоактивные, редкометалльные и железные руды.

6. Эффективность проводимой комплексной аэрогеофизической съемки значительно повысится при переходе на кодовую регистрацию всей полетной информации и ее обработку на универсальных ЭВМ, что предполагается осуществить в ближайшее время.

В.Г.Спунгин  
(ВИМС)

#### ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА ВЭЗ ПРИ ПОИСКАХ БОКСИТОВ НА СРЕДНЕМ И СЕВЕРНОМ ТИМАНЕ

Настоящая методика применения метода ВЭЗ при поисках бокситовых залежей на Среднем и Северном Тимане предлагается, как принципиально возможная для прямого поиска бокситов, типа Везар-Ворыквинского, залегающих на глубине в несколько десятков метров.

Положение бокситов в электрическом разрезе типа А;

НА и пр., а также небольшая мощность бокситовых тел, в среднем не превышающая 10-15 м и залегание их на глубине в два и более раз, превышающей собственную мощность бокситов, не позволяет выделять бокситы послойной интерпретацией ВЗЗ.

Используя в качестве поискового признака параметр  $\rho_1$  (продольное удельное сопротивление надпорной толщи) можно фиксировать бокситовые тела по повышению  $\rho_1$  относительно некоторого фона  $\rho_1$ , определяемого для каждого участка отдельно.

Предпосылки для подобного использования метода ВЗЗ заключаются в следующем:

1. Бокситы повсеместно подстилается высокоомным опорным горизонтом - известняками и доломитами быстринской свиты рифей ( $\rho_1$  в среднем 5-7000 ом) и перекрываются либо терригенными отложениями ( в среднем 50-100 ом), либо эффузивными образованиями ( $\rho_1$  в среднем 200-300 ом), либо теми и другими образованиями вместе общей мощностью от 0 до 100 м.

2. Бокситы обладают сопротивлением в среднем 700-1000 ом, т.е. наиболее высоким среди пород, залегающих выше опорного высокоомного горизонта известняков и доломитов.

3. Амплитуда аномалии  $\rho_1$  и фон  $\rho_1$  видны из теоретических расчетов. Для надпорной толщи, представленной пятиметровым слоем четвертичных отложений сопротивлением 50 ом и сорокаметровой пачкой терригенных отложений сопротивлением 70 ом  $\rho_1$  равно 67 ом, для аналогичного разреза той же общей мощностью, но содержащего под терригенными отложениями десятиметровый пласт бокситов сопротивлением 800 ом  $\rho_1 = 83$  ом. Для геологического разреза: 5 м четвертичных отложений сопротивлением 50 ом; 30 м базальтов сопротивлением 200 ом; 40 м терригенных отложений сопротивлением 70 ом,  $\rho_1$  составляет 91 ом. Если аналогично с первым случаем включить в этот разрез под терригенные отложения десятиметровый слой бокситов сопротивлением 800 ом,  $\rho_1$  возрастает до 109 ом, т.е. аномалия составляет в общем случае не менее 10%, а при благо-

приятном соотношении мощностей и сопротивлений, т.е. при больших сопротивлениях мощности бокситов относительно других образований надпорной толщи аномалия  $\rho_1$  может достигать нескольких десятков %, что и наблюдается на практических кривых  $\rho_1$  для Ворыквинских месторождений.

Определение глубины до опорного горизонта, необходимой для расчета предлагается проводить установкой ударной сейсморазведки типа ОСУ-1 (одноканальная сейсморазведочная установка).

Тип разреза для оценки фона можно оценить по кривым ВЗЗ, а также по скоростным характеристикам пород, получаемым при использовании сейсморазведки.

Т.А.Дубова  
(ВИМС)

#### ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА БОКСИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.

Автором под руководством В.А.Дубова впервые детально изучены магнитная восприимчивость ( $\chi$ ), плотность ( $\sigma$ ), поляризуемость ( $\eta$ ), общая радиоактивность ( $\gamma$ ) и распределение  $U$ ,  $Th$ ,  $K$  для пород, составляющих районы месторождений и бокситоперспективные площади. Исследования выполнены на большом количестве образцов (более 10000) и замерах магнитной восприимчивости, поляризуемости и общей радиоактивности пород в естественном залегании (более 4 км горных выработок с шагом 0,1-0,5 м). Изучено распределение  $U$ ,  $Th$ ,  $K$  в 350 обр. и общая радиоактивность по 3600 м бурения. По данным исследований составлена таблица вариограмм. Модальные значения изученных параметров сведены в таблицу.

Как видно из таблицы, наиболее магнитными и плотными породами являются базальты. Плотными и немагнитными - доломиты. Остальные породы немагнитны, а плотность их редко превышает 2,3-2,5 г/см<sup>3</sup>. Породы района слабо поляризуем-

Породы	$\chi \cdot 10^{-6}$ СГС	$\sigma$ г/см <sup>3</sup>	$\eta$ %	$\gamma$ МКР/час	$U \cdot 10^{-4}$	$Th \cdot 10^{-4}$	К%
Доломиты	6	2,75	2	10	0,6	1,6	0,2
Глины коры выветривания	20	2,1 и 2,3	1	20	7	20 и 40	4
Терригенные отложения	10	2,2	0,6	7 и 20	2	3 и 12	1,5 и 4,5
Бокситы	40	2,3 и 2,9	3	20	7	30	0,3
Базальты	600 1200 2500	2,85	2	6 и 20	0,6	1,5	0,15 и 5

ся. Наиболее радиоактивны бокситы и коры выветривания. Радиоактивность их объясняется в бокситах наличием урана и тория, в коре выветривания - U, Th, K.

Основываясь на полученных данных можно сказать, что физические свойства пород района в большинстве своем характеризуются теми же параметрами, что и в других районах, но имеются и некоторые отличия, характерные лишь для пород изученного района. К числу таких отличий относится распределение магнитной восприимчивости эффузивов, которая характеризуется для образования бокситорудных площадей трехвершинной вариограммой, в отличие от безрудных площадей, где распределение нормальное. Плотность эффузивов характеризуется кривой распределения с отрицательной (правой) асимметрией, имеющей еще два небольших максимума (2,3-2,55 г/см<sup>3</sup>). Кривые распределения магнитной восприимчивости и плотности бокситов не подчиняются нормальному закону распределения. Для них характерно распределение с положительной (левой) асимметрией и несколькими максимумами. Такие распределения объясняются изменениями, связанными со вторичными процессами. Представляет интерес поведение калия в породах района. Калий в значительных количествах содержится в терригенных отложениях (до 6%) и глинах каолинит-гидрослюдистой коры выветривания (до 5%). Очень инте-

ресен факт наличия его в бокситах (до 2%). В эффузивах, приуроченных к зонам тектонических нарушений, содержание калия увеличивается (до 7%). Полярризуемость бокситов увеличивается в верхних частях рудного тела и зонах, приуроченных к тектоническим нарушениям. Полярризуемость базальтов объясняется наличием в них магнетита.

Наиболее магнитные, плотные и радиоактивные разности всех пород приурочены, в большинстве случаев, к зонам разломов. В таких зонах среди бокситов встречаются черные разности - продукт метаморфизма бокситов ( $\sigma = 3,6$  г/см<sup>3</sup>;  $\chi =$  до  $35 \cdot 10^{-6}$ ). Представляет интерес то, что к площадям месторождений бокситов приурочены самые магнитные, плотные, радиоактивные и высоко поляризуемые образования района - корундиты. Состав их корунд-магнетит-гематитовый. Встречаются они часто и среди эффузивов, как правило, в зонах разломов. Характеристика их такова:  $\chi - 20000 \cdot 10^{-6}$ , до  $60000 \cdot 10^{-6}$  СГС,  $\sigma = 4,15$  г/см<sup>3</sup>;  $\eta - 25\%$ , Th -  $9 \cdot 10^{-4}\%$ ; U -  $35 \cdot 10^{-4}\%$ ; K - 0,1%.

Результаты, полученные при исследованиях, дают возможность во многих случаях однозначно интерпретировать материалы геофизических съемок, выполненных в районе, позволили создать физико-геологическую модель месторождения бокситов.

А.А. Генкель  
(ВИМС)

#### ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ МЕТОДОМ ДИП-А В ЦЕЛЯХ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ БОКСИТОВ В РАЙОНАХ ПОЛЯРНОГО УРАЛА

I. Аппаратура ДИП-А разработана в ФМИ АН УССР совместно с ЦНИГРИ МГ СССР. Аппаратура ДИП-А устанавливается на самолете АН-2. Генераторное и измерительное устройство возбуждает ток в контуре треугольной формы, закрепленном на хвосте и бипланных стойках самолета. Измерительное устройство состоит из магнитоприемников, которые размеще-

ны в гондоле, выпускаемой на трос-кабеле с помощью лебедки, и электронного блока с пятиканальным регистратором. Для привязки аэрогеофизических маршрутов используется фотоаппарат АФА-Т-55.

2. Аппаратура ДИП-А используется для измерений величины  $H_v$ -малой полуоси эллипса поляризации электромагнитного поля, являющейся инвариантной и характеризующей проводимости объектов, находящихся около измерительной установки. Существуют некоторые преимущества аппаратуры ДИП-А перед другими имеющимися аэроэлектроразведочными станциями.

3. В ЦНИТРИ ИГ СССР разработаны приемы машинной обработки результатов съемки (Светов, Ершов, Прис, Новак). При работах для целей геологического картирования в районах Полярного Урала принималась двухслойная горизонтально слоистая модель среды.

Для вычисления параметров двухслойной среды  $\sigma_1, h_1$  и  $\sigma_2$  необходимо произвести, по крайней мере, трехкратные залеты с разными частотами и высотами полетов.

По ряду причин вычисленные на ЭЦВМ электрические параметры среды могут быть использованы как качественные результаты. По ним может быть качественно оценена глубина залегания и распространения зон с различной проводимостью.

4. Для увеличения достоверности результатов определения электрических (проводимость  $\sigma_k$  или  $S_k = \sigma_k h_k$ ) и геометрических (глубина залегания и размеры проводящих тел) параметров геологического разреза необходимо добиться максимально возможной точности определения величины полезного сигнала при малых значениях определяемых величин аномалий. Для полуколичественной интерпретации результатов съемки можно воспользоваться имеющейся информацией о геологическом строении района (данные бурения и др. геологических исследований) и результатами наземных геофизических работ на отдельных частях исследуемой площади.

По результатам работ на Полярном Урале были качественно оценены параметры среды и построена геоэлектрическая карта. Проведено сравнение наземных геолого-геофизи-

ческих исследований на небольшом участке с результатами аэроэлектроразведки (Цыганов, ЦТЭ, Дмитриев, ЗапСибНИИ). Результаты интерпретации показали хорошее совпадение работ методом ВЗЗ и СЭП с аэроэлектроразведочными наблюдениями.

А.Л. Анискин  
(ВИМС)

#### УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ МЕТОДОМ ПЕЭП ПРИ СТРУКТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ (НА ПРИМЕРЕ БОКСИТОНОСНЫХ ПЛОЩАДЕЙ ИВДЕЛЬСКОГО РАЙОНА ВОСТОЧНОГО СКЛОНА СЕВЕРНОГО УРАЛА)

1. Метод переменного естественного электрического поля (ПЕЭП) можно использовать для выделения и изучения дизъюнктивной и пликативной тектоники.

2. При структурных исследованиях в пределах указанного района целесообразно изучать  $E_{\parallel}$ -составляющую переменного электрического поля, измеренную вдоль простирания Горностайско-Лаксийской синклинали структуры.

3. Вследствие развития блоковой тектоники азимуты простирания высокоомных пластов в точках наблюдения отличаются от генерального азимута региональной структуры, что обычно не учитывается при измерениях по существующей методике и вызывает искажения  $E_{\parallel}$ .

4. Предлагаемое усовершенствование методики позволяет исключить искажения, связанные с изменением азимуты простирания высокоомных пластов, посредством уточнения, по данным метода ПЕЭП, их простирания и измерения электрического поля по уточненным азимутам (уточненный азимут определяется при многоазимутальных измерениях по минимуму измеряемого сигнала).

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ СОСТАВЛЕНИЯ  
ПРОГНОЗНЫХ КАРТ ПО КОМПЛЕКСУ ГЕОЛОГО-  
ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

1. Решение задачи прогнозирования ныне сводится к оценке сходства исследуемого района с ранее изученными, для которых установлено оруденение. Обычно сравнение ведется по комплексу признаков, значимость каждого из которых определяется лишь качественно, часто интуитивно на основе опыта и взглядов исследователя. Результаты такого прогнозирования субъективны и, как правило, не воспроизводимы.

2. При составлении прогнозных карт используются разнообразные сведения, содержащиеся в геологических, геофизических, геохимических и др. картах. Единым показателем, позволяющим сравнивать их и суммировать может служить количество информации об интересующих нас рудных объектах, заключенное в них. Числовая оценка информативности характеристик территории позволит в итоге перейти к объективной числовой оценке ее перспективности.

3. Для повышения эффективности прогнозирования необходимы методы, способные: а) выявить косвенные и слабовыраженные связи между характеристиками территории и ее геологическим строением, в первую очередь, связи с наличием оруденения; б) дать объективную и воспроизводимую оценку перспектив отдельных частей площади на определенный тип оруденения; в) получить интегральную оценку в едином показателе, учитывающем значимость каждого признака. В качестве методов, приближающих нас к решению перечисленных задач, были предложены методы количественного прогнозирования. При этом информативность признаков определяется как мера пространственной связи между их наличием и расположением объектов заданного класса. Отметим два подхода к оценке информативности: подход, основанный на оценке совокупнос-

тей признаков, и подход, основанный на оценке информативностей одиночных признаков с последующим их суммированием. В силу ряда причин в практическом применении более предпочтительным представляется второй подход.

4. Предлагается новый алгоритм оценки информативности признаков о наличии интересующего нас объекта - положительного образа. В его основу положена функция вида:

$$(1) Q_B = \frac{P(B/A)}{P(B/\bar{A})} - 1, \text{ где}$$

$P(B/A)$  и  $P(B/\bar{A})$  - вероятности появления положительного образа (B) в случаях наличия и отсутствия признака (A), определяемые по формулам Байеса.

Выражение (1) приводится к виду, удобному для численного решения:

$$(2) Q_B = \frac{(1-\lambda)n - m}{(m+n)\lambda(1-\frac{1}{N})}, \text{ где}$$

$n$  и  $m$  - соответственно частоты встречи признака у положительных и отрицательных эталонов (или на всей оцениваемой территории);  $N$  - количество положительных эталонов;  $\lambda$  - относительная доля положительных эталонов в общем числе эталонов (или от общего числа распознаваемых объектов).

Рассмотрение приведенной функции и экспериментальные данные, полученные с ее помощью, позволяют отметить, что: а) возможен выбор порога значения функции для отбраковки малоинформативных признаков, не включаемых затем в интегральную оценку площади; б) алгоритм достаточно осторожен при отнесении объекта к классу положительных или отрицательных образов по совокупности признаков; в) роль отдельного доминирующего признака в интегральной оценке перспективности ограничена, Предлагаемый способ обладает также преимуществами, свойственными всем методам оценки одиночных признаков и важными при их практическом использовании. В том числе, возможности: а) неполного задания набора признаков на эталонных и распознаваемых объектах; б) сочетания метрических и логических признаков; в) использования любого числа эталонов; г) последовательного увеличения

набора признаков в соответствии с их смысловым значением или изменением состояния изученности района; д) возможна как машинная, так и ручная реализация.

5. Известны два варианта постановки задачи оценки информативности: распределение признаков сравнивается либо на заданных равноизученных эталонах двух классов – рудном и заведомо безрудном, либо на положительных эталонах – месторождениях и всей территории в целом. Условия постановки задачи во втором варианте представляются более близкими к реальным.

6. Составлена и опробована программа машинной обработки геолого-геофизической информации с целью построения числовой прогнозной карты по рассмотренной методике. Практически она была использована для составления прогнозной карты по геофизическим и геохимическим данным масштаба 1:10000. Предполагается ее использование также для карт масштабов 1:50000 – 1:200000.

Н.И. Орлова  
(ВИМС)

#### К МЕТОДИКЕ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОФОТОСНИМКОВ ПРИ ПОИСКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БОКСИТОВ РАЗЛИЧНЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ

Аэрофотометоды при поисках месторождений бокситов применяются еще недостаточно широко и хорошо разработанные дешифровочные поисковые критерии отсутствуют. Наши работы проведены на примере известных в Сибири и Западном Казахстане месторождений бокситов различных морфологических типов.

При дешифрировании аэрофотоснимков использовались следующие критерии: общий геоморфологический план, специфические формы рельефа, характер растительного и почвенного покрова. Полученные данные сопоставлялись с результатами маршрутных исследований и данными бурения. При этом учитывалось следующее: а) большинство бокситопоявлений связано

с полем развития карстующихся пород; б) бокситоносные отложения залегают в карстовых и эрозионно-карстовых депрессиях на относительно выположенных краевых частях водораздельных пространств (в интервале высот 280–560 м); в) почти все бокситопоявления приурочены к относительно слабо поднятым или отстающим в поднятии блокам; г) большинство рудосодержащих карстовых полостей сосредоточено в приразломных зонах; д) древние бокситоносные карстовые или карстово-долинные депрессии в современном рельефе выражаются ложбинообразными и блюдцеобразными понижениями, нередко заболоченными.

В результате проведенных работ было установлено:

1. Наиболее уверенно дешифрируются поисковые признаки месторождений карстово-воронкового и карстово-полевого типов, размещение которых контролируется карстующимися породами (известняками). Распространение известняков дешифрируется по очень светлому фототону на участках, где обнажаются или просвечивают коренные породы, а также по точечному рисунку современных карстовых воронок, который хорошо виден на снимках среднего и крупного масштабов. Крупные более древние воронки и впадины видны рельефно под стереоскопом; днища заболоченных впадин – серые. Воронки отчетливо следуют разрывным нарушениям. Древние заполненные карстовые впадины и воронки можно предполагать по мелким серым округлым пятнам; общее их присутствие предполагается для выровненных участков, слабо расчлененных современными долинами.

2. Рудовмещающие депрессии карстово-долинного типа, как правило, приурочены к контакту карбонатных и алюмосиликатных пород и иногда фиксируются древним эрозионным уступом; в некоторых случаях отмечается существование древней погребенной долины, с которой и было связано развитие карста. Основными признаками при поисках месторождений подобного типа является: выделение древних погребенных уступов и выделение древних долин, что возможно по косвенным признакам. В этих случаях по топокартам и аэрофотоснимкам отыскиваются пологие, простые по очертаниям, уступы, анализируется их план и соотношения с долинами. Если совре-

менные долины образуют резкие "колена", изменяя при этом ширину, то это может указывать на совпадение части "колена" с древней долиной. В этом случае по снимкам тщательно прослеживаются отмершие участки древней долины. Признаками их могут быть пологие понижения, цепочки современных карстовых воронок, озер и болот, а также темные полосы, указывающие на влаголюбивую растительность. Древние уступы и долины могут намечаться общими линиями отрезков мелких современных долин логов и лодин.

3. Дешифровочные признаки карстово-котловинного типа разработаны недостаточно и в связи с уникальностью Центрально-Чадобецкой структуры, вероятно, не могут быть применены для других районов. На аэрофотоснимках эта котловина выделяется понижением в современном рельефе, с более светлым фототонном и четко ограничена разрывными нарушениями.

4. При поисках бокситов латеритного (площадного) типа возможно использование лишь косвенных дешифровочных признаков, по которым выделяются приподнятые выположенные блоки с мощным чехлом рыхлых отложений.

Разработка более полных и четких критериев дешифрирования при поисках месторождений бокситов различных типов, а тем более - отбраковка безрудных депрессий от боксито-содержащих - задача будущего.

Г. А. Лучина

#### О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ КАРТ ПРИ ПОИСКАХ И ОЦЕНКЕ СОХРАНОСТИ БОКСИТОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

С целью выяснения геоморфологических признаков локализации бокситоносных отложений были составлены геоморфологические карты на районы уже известных месторождений и рудопоявлений Сибири (Чадобецкое поднятие) и Западного Казахстана.

Рассмотренные рудопоявления относятся к разным гене-

тическим типам: латеритные (Западный Казахстан), осадочные (карстовые, карстово-полевые, сохранившиеся в тектонических котловинах) в Сибири.

Анализ геоморфологических карт, построенных в международной геоморфологической легенде по результатам площадного дешифрирования и полевых геоморфологических маршрутов, позволил сделать ряд выводов.

#### 1. Латеритные рудопоявления Западного Казахстана.

Ново-Бурановское рудопоявление, приуроченное к контакту ультраосновных пород и габбро-амфиболитов, расположено на наиболее возвышенной выположенной поверхности обширной денудационной равнины. По контакту дешифрируется разлом.

Крекивское рудопоявление находится в непосредственной близости к границе двух морфоструктур: Катинадырского хребта на западе и Орской депрессии на востоке, граница которых дешифрируется четким разломом. Остатки латеритной коры сохранились на мелких высотах (280 м).

#### 2. Осадочные месторождения и рудопоявления Чадобецкого поднятия.

Карстовые рудопоявления. Карстовые воронки хорошо дешифрируются на аэрофотоснимках. Наиболее глубокие воронки, где возможно сохранились остатки бокситоносных отложений, приурочены к разломам и разрывным нарушениям или к их пересечениям.

Карстово-полевые рудопоявления. Оба из рассмотренных карстово-полевых рудопоявлений приурочены в современном рельефе к неглубоким понижениям, вытянутым вдоль разрывного нарушения, которое пересекается под разными углами с серией более мелких.

Месторождения и рудопоявления, сохранившиеся в тектонических котловинах. Тектонические котловины, к которым приурочены месторождение Центральное и рудопоявление Чуктуков, в современном рельефе являются тектоническими понижениями, ограниченными кольцевыми и линейными разломами и разрывными нарушениями.

Эти признаки могут быть использованы при постановке поисковых работ на бокситы.

Такие карты целесообразно составлять для территорий, которые признаны перспективными по геологическим данным и данным регионального блокового анализа.

В.Н. Вильшанский  
(ВИМС)

#### ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ БОКСИТОНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ИРКИНЕЕВСКОГО ВЫСТУПА

Территория Иркинеевского выступа достаточно хорошо изучена в результате проведения значительных объемов поисково-разведочных работ. Обработка и обобщение материалов бурения позволили **восстановить** историю развития рельефа и коррелятных ему осадков в интервале от позднего мела до конца эоцена и установить закономерности в размещении бокситоносных отложений.

В позднем мелу в районе сформировалась древняя долина р. Ангара шириной до 6 км. В раннем палеоцене территория выступа испытала поднятие и в пределах приподнятого дна меловой долины заложилась разветвленная речная сеть и связанные с ней карстовые депрессии различных типов. (Мелкие на плоских широких водоразделах, и более крупные на склонах и в русле). Наиболее интенсивно карстовые процессы протекали на участках водоразделов, разделяющих разнонаправленные долины.

В течение второй половины палеоцена и эоцена, в связи с опусканием территории, все депрессии были выполнены толщей бокситоносных осадков, в строении которой устанавливается два крупных ритма: палеоценового и средне-верхнеэоценового возраста, а также остатки третьего — олигоцен-миоценового ритма. Ритмы разделены стратиграфическими несогласиями. Отложения нижнего ритма залегают в глубоких частях карстовых воронок, а осадки эоценового ритма выполняют верхние части карстовых воронок и речные долины.

В составе бокситоносных отложений выделяются группы фаций: аллювиальная, делювиальная, озерная и болотная. Палеоцен представлен делювиальными и озерными отложениями. Эти же осадки преобладают в верхних частях речных долин. В средних частях долин присутствуют осадки всех фациальных групп. Далее, вниз по продольному профилю, они замещаются аллювиальными фациями, часто представленными кварцевыми песками. Состав осадков изменяется также в зависимости от литологии пород, слагающих склоны и водоразделы депрессии.

Бокситы приурочены к отложениям озерных фаций и поэтому рудные тела сосредоточены в карстовых воронках, и в верхних и средних частях мелких речных долин, в пределах которых они тяготеют к выходам рифейских сланцев на склонах с развитыми на них корами выветривания.

Д.Е. Кустов  
(ВИМС)

#### ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ МОРФОСТРУКТУР НИЖНЕГО ПРИАНГАРЬЯ И ИХ БОКСИТОНОСНОСТЬ

Морфоструктурные исследования в Нижнем Приангарье, связанные с работами по изучению бокситоносности этого района, на первом этапе являлись чисто морфологическими. Комплекс морфометрических методов позволил достаточно обоснованно наметить ряд морфоструктур в Приангарье и выделить среди них таксонометрические ранги. К сожалению, этот анализ не давал ответа на вопросы истории развития рельефа.

Среди морфометрических методов лишь метод А.В. Орловой ставит перед собой такую задачу. В основе метода лежит представление о рельефе как о результате блоковых тектонических движений. Разновысотные участки рельефа идентифицируются с различными тектоническими блоками, которые могут быть объединены в блоковые морфоструктуры. Границы морфоструктур рассматриваются как рельефообразующие разломы. Взаимная деформация структур и разломов лежит в основе раз-

деления их по возрасту: наиболее деформированные структуры – наиболее древние, наименее деформированные – самые молодые. Этот анализ позволил выделить в Приангарье основные морфоструктуры I-го порядка – Енисейско-Таймбенский и Ково-Бирсинский своды, разделяющий их Ангаро-Чадобецкий прогиб и наметить в их пределах ряд морфоструктур II-го порядка. Анализ последовательности рельефообразования позволил выделить 4 этапа развития морфоструктур в районе, по геологическим данным датируемые как верхнемеловой, палеоцен-эоценовый, олигоценный и миоцен-плиоценовый. История, установленная таким образом, не всегда выглядит достаточно обоснованной и, что наиболее важно, предположение о том, что рельеф образовался в результате тектонической деформации единой выровненной поверхности, не справедливо, во всяком случае для районов Восточной Сибири.

Средне-Сибирское плоскогорье является классической областью развития многоярусного рельефа, причем различные высотные уровни рассматриваются, в принципе, как разновозрастные поверхности выравнивания. Картирование этих уровней и анализ их деформаций дает более обоснованную картину истории рельефообразующих движений в районе. Для этого на совмещенных профилях, на которые выносятся плоские участки водоразделов и денудационные уступы, выявляются и коррелируются уровни, подчеркнутые максимумом развитых в их пределах плоских площадок и максимумом опирающихся на них уступов. По выделенным уровням, рассматриваемым в Приангарье как поверхности выравнивания плиоценового, олигоцен-миоценового, и палеоцен-эоценового циклов, построены структурные карты, последовательное вычитание которых выявило деформации соответствующих этапов.

Эти деформации контролируют сохранность бокситоносных толщ, образованных в предыдущие эпохи, т.е. молодые поднятия могут приводить к их размыву, а опускания к консервации. Что касается контроля оруденения структурами I-го порядка, то подавляющая часть месторождений в районе приурочена к склону Енисейско-Таймбенского свода и локальным поднятиям в пределах прогиба.

В.Л.Косоруков  
(ВИМС)

#### БОКСИТОПРОЯВЛЕНИЯ НА МЕЖДУРЕЧЬЕ РЕК МАИ И ИНГИЛИ

В геологическом строении междуречья р.р.Маи и Ингили принимают участие осадочные толщи учурской, майской, лахандинской и уйской серий рифейского возраста и эдомской свиты вендского комплекса.

Рассматриваемая территория приурочена к восточному окончанию Алданской плиты. Породы здесь залегают почти горизонтально. Залегание пород осложнено разрывными нарушениями, имеющими широтное и меридиональное простирание.

По выщелоченным доломитам и строматолитовым доломитам ципандинской свиты развиты рыхлые отложения предхаландинской коры выветривания; в перекрывающих их отложениях развиты инфильтрационно-осадочные бокситы и высокоглиноземистые породы, залегающие в аргиллитах кумахинской свиты лахандинской серии; по выветрелым амфиболитам, гнейсам и гранито-гнейсам одолинской свиты архей развиты рыхлые отложения доэдомской коры выветривания.

Рыхлые отложения предхаландинской коры выветривания залегают в углублениях в кровле доломитов ципандинской свиты, относящейся к майской серии. В нижней своей части она образует непрерывный переход от доломитов к глинам. Породы верхней части представлены аргиллитами, супесями с линзовидными скоплениями бокситов и высокоглиноземистых пород (аллитов, железистых аллитов и др.).

На образованиях коры выветривания залегают породы кумахинской свиты лахандинской серии. Основание свиты представлено базальным рудоносным горизонтом, сложенным красноцветными железисто-каолиновыми породами, отвечающими по составу железистым сиаллитам с широким колебанием основных компонентов – железа и каолинита. В составе красноватых выявлены разности с повышенным содержанием глинозема (до 56%).

Выше пород базального рудоносного горизонта залегают пестроокрашенные аргиллиты и известняки кумахинской свиты. Среди них встречаются прослои, линзы, прожилки (мощность до 1-2 м), вкрапленники бокситов и высокоглиноземистых пород. Для бокситов этого типа установлен наивысший для района кремневый модуль - 7,17 ( $Al_2O_3$  - 47,15% и  $SiO_2$  - 5,88%).

Рыхлые образования доломской коры выветривания представлены выщелоченной дресвой амфиболитов, гнейсов и гранитогнейсов одолинской свиты верхнеархейского возраста. Эти образования характеризуются невысоким содержанием глинозема (до 21,64%) и низким кремниевым модулем (до 0,46%). Минеральный состав бокситов и высокоглиноземистых пород следующий: гиббсит, аллофан, галлуазит, каолинит, гематит, шамозит.

По своему генетическому происхождению бокситоносные образования между речья рек Маи и Ингили относятся к:

I. стратиформным бокситоносным образованиям и корам выветривания приуроченным к I) рыхлым образованиям предлахандинской коры выветривания доломитов ципандинской свиты; 2) красноцветным образованиям базального рудоносного горизонта; 3) рыхлым образованиям доломской коры выветривания, развитым на метаморфических и магматических породах архея. Стратиформные бокситоносные образования относятся к среднеякутскому (I и 2) и вдомскому (3) уровням регионального развития горизонтов переотложенных продуктов химического выветривания (по А.М.Скловскому и др., 1972).

II. инфильтрационно-осадочным рудопроявлениям бокситов, приуроченным к породам кумахинской свиты. Факторами благоприятными для образования бокситов этого типа являлись (по Кивцову Д.А. и др., 1973):

- 1) наличие подстилающих высокоглиноземистых пород;
- 2) связь с зоной глубинного Анисского разлома;
- 3) связь с новейшими тектоническими движениями - Юкателийским и Кылаахским поднятиями.

Наибольший практический интерес должны представлять собой образования предлахандинской коры выветривания и породы кумахинской свиты.

Р.Г.Гоберман, В.И.Мамедов  
(ВИМС)

#### ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАЛОЖЕННОГО ПРОЦЕССА НА НОВО-БУРАНОВСКОМ БОКСИТОПРОЯВЛЕНИИ

I. Известные латеритные коры Ново-Бурановского бокситопроявления (Киселев, 1966, 1973; Киселев, Габитов и др., 1973) имеют зональное строение. Детальное изучение их позволяет выделить в профиле выветривания следующие литолого-минеральные горизонты (снизу вверх):

материнские породы - габбро, габбро-нориты, эденитовые амфиболиты;

измененные габброиды, М 1-10 м;

каолинит-хлорит-монтмориллонитовые глины, М 4-10 м;

а) хлорит-монтмориллонитовые глины, М 1-1,5 м;

б) каолинит-монтмориллонитовые глины, М 3-8 м;

охристо-каолинитовые глины с блоками гиббситовых бокситов, М от 3 до 30 м, в среднем 7 м.

Характер изменений от исходных пород к бокситам через глинистый горизонт соответствует сублатеритному (по Г.И.Бушинскому) профилю выветривания.

2. Верхний бокситоносный горизонт коры выветривания имеет своеобразное строение и состав, не характерный для типичных латерит-бокситов. Псевдоморфные бокситы в виде блоков овальной и остроугольной формы размерами от первых см до 30-60 см в поперечнике разделены псевдоморфными каолинитовыми глинами, которые являются наложенными образованиями, развивающимися полосами вдоль системы трещин, наследующей в бокситах блоковую отдельность материнских пород.

Морфологические взаимоотношения бокситов различного состава между собой и с каолинитовыми глинами позволяют составить следующий ряд преобразования первично латеритных бокситов:

боксит I - высококачественный; кремневый модуль (M) 40	боксит II - среднекачественный; M 8	боксит III - низкокачественный; M 4	галлуазит-каолиновые глины IV
--	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------

Бокситы I типа содержат кремнезем от I до 3%, что соответствует его количеству в неизменных бокситах многих латеритных месторождений тропической зоны. По этому признаку их можно рассматривать как разности бокситов, наименее измененные наложенными процессами.

3. Фактический материал показывает, что направленность изменения минерального и химического составов снизу вверх по профилю от исходных пород до бокситов I в целом аналогична таковой в латеритных корках выветривания на близких по структуре и составу породах (амфиболитах) месторождения Фармория в Гвинею (Мамедов, Гоберман, 1975):

а) при изменении до каолинит-монтмориллонитовых глин отмечается вынос с различной степенью интенсивности практически всех элементов, за исключением Co и Ni, которые заметно накапливаются;

б) для бокситового горизонта характерны почти полный вынос Na, K, Ca, Mg, Si, Co, Ni и накопление Al и элементов-гидролизатов - Cr, V, Sc, Be.

4. Направленный вынос железа при выветривании от материнских пород до бокситов I не характерен для профиля бокситоносных латеритных кор выветривания и свидетельствует о влиянии наложенного процесса как на бокситы, так и на нижележащие каолинит-монтмориллонитовые глины.

5. Анализ баланса и динамики миграции главных элементов и элементов-примесей в ряду боксит I → боксит II → боксит III → галлуазит-каолиновые глины IV показывает принципиально отличную тенденцию их поведения от латеритной трансформации пород. Преобразование бокситов характеризуется:

- а) существенным приростом  $SiO_2$  (до  $470 \text{ мг/см}^3$ );
- б) значительным выносом Al, Sc, Cr, Be;
- в) накоплением Na, Mg, Ni и отчасти Co;

г) изменчивым поведением V и Fe, которые вначале (от боксита I к бокситу III) испытывают незначительный вынос, а затем (в галлуазит-каолиновых глинах) несколько накапливаются.

6. Наложённый процесс в конечном своем проявлении является ресилификационным или "кремневым метасоматозом" по Б.М. Михайлову (Михайлов, 1972), Зоне кремневого метасоматоза (тыловой зоне), где происходит весьма существенный вынос Al (до  $500 \text{ мг/см}^3 \text{ Al}_2\text{O}_3$ ), предшествует обелению (вынос Fe) бокситов и абсолютное накопление Al (в передовой зоне) с образованием более высококачественных бокситов. Это указывает с одной стороны - на одновременность обоих процессов (ресилификации и "обогащения"), а с другой - на местный (in situ) источник Al для зоны обогащения.

7. Увеличение содержания Mg и Ni в породах ресилификационного ряда, по-видимому, связано с влиянием кор выветривания ультрабазитов, непосредственно контактирующих с габброидами, и определяющих высокие концентрации этих элементов в грунтовых водах при преобразовании бокситов.

Г.В. Галкина  
(ВИМС)

#### ОПЫТ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВ БОКСИТОНОСНОСТИ ОТЛОЖЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

1. Для определения возможной бокситоносности визейских и ордовикских отложений на территории СССР, была разработана методика, в основе которой лежит общеизвестное положение о гетической связи осадочных месторождений бокситов с корками выветривания латеритного типа.

2. Предлагаемая методика включает следующие последовательно проводимые операции:

а) нанесение на карту-схему береговой линии моря эпохи предполагаемого образования кор выветривания и фронта последующей трансгрессии, перекрывавшей отдельные участки прибрежной суши;

б) уточнение климатических условий времени перекрытия (на основе литологических особенностей базальных слоев трансгрессивной толщи и содержащихся в них органических остатков);

в) выделение и оконтуривание благоприятных для бокситообразования комплексов алюмосиликатных и карбонатных пород основания трансгрессивной серии.

3. По совокупности перечисленных факторов могут быть выявлены и ориентировочно оконтурены перспективные площади, характеризующиеся той или иной степенью вероятности присутствия бокситоносных отложений в основании трансгрессивной толщи данного возраста. Для выделенных таким способом перспективных площадей было рассмотрено более детально геологическое строение, и ЭВМ расклассифицировала по единому набору геологических признаков данные ей опорные площади на благоприятные и неблагоприятные для бокситообразования.

4. Результаты рассмотрения общих перспектив бокситоносности визейских отложений на территории СССР в свете предложенной методики показывают, что:

а) Северо-Западная бокситоносная провинция Русской платформы может быть расширена за счет новых благоприятных для бокситообразования площадей в районе г.г. Котлас и Коноша, а также площадей, расположенных севернее известных бокситоносных районов Тимана;

б) благоприятны для развития бокситоносных визейских отложений Мугоджары, и южная часть западного склона Урала;

в) в Забайкалье, где морские карбонатно-терригенные породы с прослоями эффузивов визейского возраста залегают на отложениях силура и девона, в основании визе так же возможно наличие бокситоносных отложений.

5. В результате общего рассмотрения перспектив бокситоносности ордовикских отложений была выявлена обширная область Центрального Казахстана и Средней Азии, отдельные участки которой (островная суша) могут быть весьма благоприятны для нахождения бокситоносных отложений.

### РАЗДЕЛ III

## МИНЕРАЛОГО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОМАГНИТНОГО АНАЛИЗА ПРИ  
ИССЛЕДОВАНИИ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Термомагнитным методом изучались образцы осадочных горных пород зоны окисления с целью определения в них окислов и гидроокислов железа. Измерения проводились на вибрационном магнитометре в температурном интервале  $-196^{\circ}\text{C}$   $+700^{\circ}\text{C}$  в поле напряженности 8500 э.

Термомагнитный анализ позволяет по характерным точкам термомагнитной кривой и фазовым превращениям в процессе нагревания выделить: а. магнетит  $\text{Fe}_2\text{O}_4$  - по точкам Вервея и Кюри; б. гематит  $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$  - по переходу Морина и точке Кюри; в. маггемит  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  - по необратимому переходу при  $350\text{-}400^{\circ}\text{C}$  в гематит; г. лепидокрокит  $\gamma\text{-FeOOH}$  - по необратимому переходу при  $250\text{-}300^{\circ}\text{C}$  в маггемит и последующему его превращению в гематит; д. тонкозернистые рентгеноаморфные (гидроокислы железа - по необратимому переходу в условиях ограниченного доступа воздуха в маггемит при  $350\text{-}550^{\circ}\text{C}$ ).

Полученные результаты по 35 образцам были сопоставлены с данными ЯГР и метода Фарадея.

Установлено, что в большинстве проб присутствует гематит и суперпарамагнитный (тонкозернистый) гетит; впервые в некоторых исследуемых образцах данных пород термомагнитным анализом определено незначительное количество магнетита и маггемита (0,5-4%).

На базе проведенных исследований был уточнен состав окислов и гидроокислов железа, что дает возможность геологам судить о физико-химической обстановке на некоторых месторождениях.

М. В. Петропавлов  
(ВИМС)

РАДИАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЛИФОСФАТНОМ РЕГУЛЯТОРЕ  
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ  $\gamma$  ОБЛУЧЕНИЯ

Как известно, в технологическом процессе обогащения, в частности при флотации, для интенсификации процесса извлечения полезного продукта используются в качестве регуляторов различные полифосфаты. Для повышения эффективности флотационного процесса и исследования физико-химических явлений, связанных с взаимодействием различных реагентов с поверхностью минералов, в ряде работ изучается радиационное воздействие на минералы и собиратели.

Нами при флотации руд, содержащих бериллиевые минералы использовался  $\gamma$ -облученный регулятор — триполифосфат  $\text{Na}_2\text{P}_3\text{O}_{10}$ . Результаты исследования показали, что при небольшом уменьшении общего выхода (на 7-10%) содержание  $\text{BeO}$  в продукте значительно возрастало с увеличением дозы облучения (на 18-20% при дозе  $10^7$  рад.). Образцы облучались на установке  $\text{Co}^{60}$ . Для изучения влияния облучения на полифосфат на спектрометре РА-100 при комнатной температуре снимались спектры электронного парамагнитного резонанса (ЭПР)  $\gamma$ -облученного триполифосфата. Спектр ЭПР при дозе облучения  $10^8$  рад. Интенсивность линий ЭПР, обозначенных цифрой I, и центральной группы одинаково растет с ростом дозы облучения. Линии ЭПР, обозначенные цифрой II, возникают при дозе  $10^7$  рад., при дозе  $10^8$  рад. их интенсивность сравнима с интенсивностью линий ЭПР I.

Проведенные измерения при различном уровне СВЧ мощности показали, что линии ЭПР I и II насыщаются одинаково и отлично от центральной группы. Форма линий ЭПР I и II является характерной для формы линии ЭПР поликристаллических образцов с малой анизотропией  $g$ -фактора или константы сверхтонкой структуры. Можно предполагать, что линии ЭПР I принадлежат ион-радикалу  $\text{PO}_3^{2-}$ .

Спектр ЭПР описывается спин-гамильтонианом аксиальной симметрии со следующими параметрами:

$$g_{\parallel} = 1,992 \quad A_{\parallel} = 748 \text{ э.}$$

$$g_{\perp} = 2,007 \quad A_{\perp} = 583 \text{ э.}$$

Аналогично проведенный расчет для линий ЭПР II дал следующие параметры:

$$g_{\parallel} = 1,990 \quad A_{\parallel} = 832 \text{ э.}$$

$$g_{\perp} = 2,008 \quad A_{\perp} = 660 \text{ э.}$$

Можно предполагать, что вначале происходит отрыв концевой группы  $\text{PO}_3^{2-}$  с образованием ион-радикала I и возбужденного радикала оставшегося комплекса  $[\text{P}_2\text{O}_7]^{3-}$ , спектр ЭПР которого находится в центральной группе линий.

При дальнейшем увеличении дозы облучения возникает ион-радикал  $\text{PO}_3^{2-}$ , связанный, по-видимому, с отрывом неостаточного кислорода.

Известно, что эффективность процесса флотации растет с увеличением длины цепочки молекулы регулятора. Можно предполагать, что в процессе облучения триполифосфата с ростом количества ион-радикалов I, увеличивается количество активных комплексов  $[\text{P}_2\text{O}_7]^{3-}$ , которые по аналогии с процессами, происходящими в радиационной полимеризации, могут образовывать молекулы с большей длиной цепочки, чем исходная, приводя тем самым к увеличению эффективности флотационного процесса.

Таким образом, радиационное воздействие существенно изменяет физико-химические свойства регулятора и может привести к значительному увеличению эффективности процесса обогащения. Применение физических методов (в частности ЭПР) дает дополнительную информацию при исследовании особенностей тех процессов, которые приводят к ухудшению или улучшению параметров флотационного процесса обогащения.

Автор благодарит сотрудника лаборатории флотации Л. А. Липша за помощь при проведении экспериментов по флотации.

Л.Т.Раков  
(ВИМС)

### КИНЕТИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕКТРОННО- ДЫРОЧНЫХ ЦЕНТРОВ В КВАРЦЕ

Концентрация электронно-дырочных центров (э.д.ц.), возникающих в естественных условиях в минералах, пропорциональна дозе их природного радиационного облучения. Это позволяет использовать целый ряд минералов в качестве палеодозиметров с целью получения информации, важной для геологических исследований. Особое внимание уделяется кварцу, как основному породообразующему компоненту.

Однако, концентрация э.д.ц. существенным образом зависит от состояния кристаллической решетки минералов, что объективно затрудняет оценку дозы природного облучения.

Настоящая работа заключалась в изучении влияния температурного отжига кварца на радиационную чувствительность этого минерала к  $\gamma$ -излучению. Образцы поликристаллического  $\text{SiO}_2$  отжигались в интервале температур от  $350^\circ\text{C}$  до  $650^\circ\text{C}$  (в течение 1 часа для каждого значения температуры), а затем подвергались  $\gamma$ -облучению от  $\text{Co}^{60}$ . После этого на спектрометре ЭПР типа РА-100 в этих образцах измерялась концентрация э.д.ц. и ее величина сравнивалась с концентрацией аналогичных электронно-дырочных центров в таких же облученных кварцах, но не прошедших термообработку.

Обнаружено, что отжиг в указанном интервале температур не влияет на концентрацию и характер дозовой кривой для AI- и Ge-электронно-дырочных центров, связанных с включением изоморфных примесей. Образование E-центров, в кварце под воздействием  $\gamma$ -облучения в значительной степени зависит от предварительной термической обработки минерала. Отжиг при температурах выше  $500^\circ\text{C}$  снижает концентрацию этих центров в несколько раз и изменяет характер ее зависимости от дозы облучения. Автор связывает обнаруженный эффект с исчезновением при отжиге кислородных вакансий, присутствующих в решетке кварца и способствующих при облу-

чении более интенсивному росту концентрации E-центров.

Можно надеяться, что данный эффект открывает возможность с помощью метода ЭПР производить качественную оценку концентрации кислородных вакансий в кварце.

Л.Т.Раков  
(ВИМС)

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИРОДНОГО РАДИАЦИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ

Для научных исследований и методических разработок часто возникает необходимость промоделировать природное радиационное облучение в лабораторных условиях. Как известно, природное облучение минерала представляет собой наложенное воздействие на его кристаллическую решетку различных продуктов распада радиоактивных элементов. Эффективности этого воздействия для отдельных компонент распада могут отличаться друг от друга на несколько порядков. Поэтому эксперимент по моделированию должен предполагать наличие в искусственном излучении компонент, играющих решающую роль в формировании исследуемого процесса.

Настоящая работа посвящена изучению возможности в лабораторных условиях путем искусственного облучения получать заданные наборы электронно-дырочных центров (э.д.ц.) в природных кварцах. Образцы поликристаллического  $\text{SiO}_2$  фракции  $-0,5 +0,25$  мм отбирались из пород с незначительным содержанием радиоактивных элементов и подвергались воздействию  $\gamma$ -радиации от  $\text{Co}^{60}$  и потока  $\alpha$ -частиц от  $\text{Ra}^{238}$ . Затем проводилось сравнение методом ЭПР получаемых наборов электронно-дырочных центров в кварцах после искусственного облучения с набором э.д.ц. в аналогичных образцах, но взятых из пород с высоким содержанием радиоактивных элементов. Обнаружено, что сходные наборы э.д.ц. получаются только после суммарного воздействия на минералы потока  $\alpha$ -частиц и  $\gamma$ -квантов. Ни один из этих видов радиации ни при какой дозе облучения не может самостоятельно представлять природное излучение в смысле образования полного набора электронно-дырочных центров.

Было показано, что дозовые зависимости концентрации Е-центров при  $\alpha$ -облучении во многом напоминают концентрационные зависимости этих центров от % содержания радиоактивных элементов в породах. Предлагается использовать  $\beta$ -облучение для определения чувствительности естественных кварцев к образованию Е-центров в природном радиационном поле.

Т.В.Ткачева  
(ВИМС)

#### РАЗРАБОТКА ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВ ФАЗОВОГО АНАЛИЗА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ КОМПОНЕНТОВ БОКСИТОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЯДЕРНОГО ГАММА-РЕЗОНАНСА (ЭФФЕКТ МЕССБАУЭРА)

1. Известно, что существенная часть минералов железа находится в бокситах в тонкодисперсной форме. Это затрудняет их исследование обычными физическими методами анализа (рентгенофазовый, кристаллооптический, дифференциально-термический, инфракрасной спектроскопии), поскольку результаты анализов этими методами не всегда точны и однозначны из-за затруднительности интерпретации и исследования многокомпонентной смеси кристаллических, скрытокристаллических и аморфных минералов Al и Fe, входящих в состав бокситов. Кроме того, чувствительность указанных методов (5-10%) часто оказывается недостаточной для определения степени изоморфных замещений Al-Fe и их структурных особенностей.

2. Перспективным представляется привлечение для решения задач фазового анализа метода ядерного гамма-резонанса (ЯГР), позволяющего одновременно получать ряд характеристик, зависящих от формы химического соединения и молекулярной структуры вещества.

3. Применение мессбауэровской спектроскопии для фазового анализа основано на том, что каждая железосодержащая фаза имеет характерный для нее ЯГР-спектр и параметры, а площадь мессбауэровского спектра связана с количеством соответствующей фазы. Для многих железосодержащих соедине-

ний, входящих в состав бокситов, таких, как гематит, магнетит, гетит, сидерит, шамозит, различие в мессбауэровских спектрах и параметрах значительно и проведение фазового анализа в этом случае сводится к осуществлению корректной эталонировки.

Однако, во многих практически важных случаях, при анализе многокомпонентной смеси происходит наложение ЯГР-спектров некоторых Fe-фаз, таких, как суперпарамагнитная фаза окислов и гидроокислов железа, лепидокрокит, Fe-минералы, окиси и гидроокиси Al, Al-гематит, маггемит, и их дифференциация и количественное определение при обычных условиях проведения эксперимента (комнатная температура) невозможны.

4. Для разделения и количественного определения всех железосодержащих фаз, входящих в состав бокситов, нами разработаны основы методики фазового анализа, заключающиеся в получении совокупности мессбауэровских спектров одного и того же образца при различных температурных режимах:

1. Спектр (ИК) исходного образца, измерений при комнатной температуре.
2. Спектр (ОК) отожженного образца при 600°C, измеренный при комнатной температуре.
3. Спектр (ИА) исходного образца, измеренный при температуре жидкого азота.
4. Спектр (ОА) отожженного образца при 600°C образца, измеренный при температуре жидкого азота.

По спектру ИК проводится разделение и количественное определение гематита, магнетита, гетита, сидерита и шамозита.

По спектру ОК проводится разделение и определение фаз в системах: а. лепидокрокит — Fe-минералы окиси и гидроокиси Al; б. СПМ гидроокислы — Fe-минералы окиси и гидроокиси Al; в. лепидокрокит — СПМ гематит; г. СПМ окислы — СПМ гидроокислы железа; д. Al-гематит — маггемит.

По спектру ИА проводится определение СПМФ окислов и гидроокислов железа в системах: а. СПМФ — Fe-минералы окиси и гидроокиси Al; в. Al-гематит — маггемит — ле-

пидокрокит; г. Al-гематит — тонкодисперсный гематит.

По спектру ОА проводится разделение и количественное определение СПМФ, присутствующей в исходном образце и СПМФ, вновь образующейся при разложении шамозита, при наличии последнего в исходном образце.

5. Показана эффективность применения разработанной методики к изучению структурных особенностей и изоморфных замещений Al-Fe в минералах окиси и гидроокиси Al и Fe, входящих в состав бокситов.

А.Н. Урманова, Г.Г. Гончаров,  
Д.Е. Сутырин  
(ВИМС)

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ ПРОДУКТОВ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ БОКСИТОВ  
КОМПЛЕКСОМ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ (ДИФРАКТО-  
МЕТРИЯ И ТЕРМОГРАФИЯ)

В последнее время значительные усилия исследователей сосредоточены на изучении автоклавного разложения высококремнистого алюминиевого сырья азотной кислотой.

При исследовании процесса автоклавного азотнокислого вскрытия возникает необходимость определения фазового состава продуктов разложения для установления степени разрушения глиноземсодержащих минералов. Данные о поведении основных глиноземсодержащих минералов при автоклавном азотнокислом вскрытии в литературе отсутствуют. Химический анализ, хотя и позволяет установить количество извлекаемого в раствор алюминия, не дает возможности охарактеризовать поведение отдельных минералов в технологическом процессе. Эту задачу можно решить путем привлечения комплекса физических методов анализа, прежде всего термографии и дифрактометрии.

В работе приводятся результаты количественного термографического и дифрактометрического методов анализа бокситовой породы.

Термографический анализ проводился на дериватографе фирмы МОМ.

Дифрактометрические измерения проводились на рентгеновской установке УРС-50М.

Минеральный состав исходного образца характеризовался бемитом, каолинитом, гиббситом, гетитом. В подчиненном количестве обнаружены гематит, рутил, анатаз, гидрослюда, кварц.

В ходе данного исследования изучали степень разрушения каолинита, бемита и гиббсита в зависимости от азотнокислого вскрытия. При изменении температуры процесса менялось содержание этих минералов в нерастворимом остатке.

Из сопоставления результатов химического и дериватографического методов анализов следует, что расхождение определений лежит в пределах от 0,03 до 4,9 весовых %, среднеквадратичная ошибка равна 2,14%. Расхождение данных дифрактометрического и химического анализов по  $Al_2O_3$  колеблется от 4,0 до 7,8%, среднеквадратичная ошибка — 4,43%. Различие данных термического и рентгенографического анализов по  $Al_2O_3$  характеризуется среднеквадратичной ошибкой равной 4,45%.

Наблюдаемые расхождения между перечисленными методами зависят от ряда причин. При дериватографическом анализе глиноземсодержащих минералов ошибки могут быть вызваны: 1. наложением термических реакций различных минералов друг на друга и степенью перекрытия интервалов диссоциации; 2. соотношением содержания минералов в пробе. Точность количественных определений минерального состава пробы дифрактометрическим методом зависит от: 1. степени раскристаллизованности минерала; 2. общего состава пробы.

В заключение можно отметить, что: 1. результаты химического, термического и дифрактометрического анализов сопоставимы, на что указывает значение среднеквадратичных ошибок; 2. применение количественных термографического или дифрактометрического методов для изучения состава технологических проб бокситов дает вполне удовлетворительные ре-

зультаты, но использование комплекса этих методов позволяет и повысить их надежность и достоверность.

А.А.Иванова  
(ИГН АН КазССР)

#### ЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ МИКРОСКОПИЯ КАК ЭКСПРЕСС-МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ МИНЕРАЛОВ БОКСИТОВ

Разработанный ранее метод люминесцентной микроскопии глинистых минералов, окрашенных органическими красителями-люминофорами (Иванова, 1970; Эйриш, 1972 и др.), был применен нами для анализа минерального состава бокситов.

Наиболее подходящим оказался люминофор аурамин. При сорбции этого красителя на поверхности частиц, несущих активные гидроксильные группы (ОН), возникает обычно оранжево-красное свечение. В случае же сорбции аурамина на частицах с активными оборванными связями, проявляется желтое или зеленое свечение. Наблюдать люминесценцию можно в водной суспензии минерала, что сильно упрощает анализ. В бокситах могут присутствовать один или несколько минералов с активными гидроксильными группами, в частности, гиббсит, бемит, каолинит (породообразующий минерал бокситов) и др. Кроме того, под люминесцентным микроскопом можно наблюдать форму и размеры отдельных частиц, их агрегацию и дать полуколичественную характеристику. Изучение бокситов Северного Казахстана (было проанализировано более 250 образцов) в сравнении с эталонными образцами, позволило диагностировать их минеральный состав следующим образом.

Для гиббсита характерен яркооранжевый ободок и темная сердцевина. Он имеет форму овальную (округлую) и размер его частиц от 0,01 до 0,1 мм. Каолинит - представлен весьма мелкими частицами, осколочной формы с оранжевой люминесценцией и для него типичны цепочечные агрегаты. Гетит - частички осколочной формы с размерами от 0,01 до

0,1 мм, проявляет желтое свечение. Кварц - частицы с размерами 0,01 до 0,1 мм, осколочной формы и яркозеленой люминесценцией.

Из результатов химического анализа для этих бокситов видно, что они содержат более 25% окислов железа и это, в некоторой степени, ухудшает наблюдение люминесценции под микроскопом. Поэтому пробы просматривались дополнительно после их обработки 5% соляной кислотой.

Работа на малых навесках (10-20 мг), простота приготовления препаратов в виде суспензий, делает анализ быстрым и простым в исполнении.

Эту методику можно рекомендовать для рационального отбора проб перед проведением рентгеноструктурных, термических и других более трудоемких исследований. И она окажет существенную помощь при анализе размещения бокситоносных пород по площади и разрезу.

Р.Н.Юдин  
(ВИМС)

#### О ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР ДЕКРЕПИТАЦИИ ТЕРМОГРАВИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

До последнего времени температуры декрепитации определялись с помощью термозвукового метода.

Показана возможность регистрации температур декрепитации термогравиметрическим методом, используя эффект потери веса.

Исследования проводились на термовесах конструкции Ф.В.Сыромятникова, Волкова Н.И. (ВИМС) при чувствительности 15 мкг/мм. Навеска образца составляла 400 мг. Скорость нагревания 20°/мин. Размер фракции 0,5-0,25 мм.

Были определены температуры декрепитации серии образцов карбонатов и апатитов месторождения Ковдор. Эффекты потери веса равны 0,02-0,05%.

Значение температур декрепитации сопоставимо с дан-

ными, полученными термозвуковым методом. Термогравиметрический метод определения температур декрепитации можно считать перспективным для использования его наравне с термозвуковым методом.

Т.А.Бабкина  
(ИГН АН КазССР)

#### ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИЗОТОПНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Развитие современных методов спектроскопии высокого разрешения позволяет проводить определение изотопного состава ряда элементов по их оптическим спектрам.

Особенно целесообразно применение спектрографических методов при анализе элементов, имеющих большие вариации изотопного состава в природных объектах и заметное изотопическое расщепление спектральных линий. К таким элементам относятся  $Os$ ,  $Sr$ ,  $Ni$  и другие, один из изотопов которых образуется в результате радиоактивного распада ( $Os^{187} \rightarrow Os^{187} + \beta\text{-частица}$ ,  $Rn^{87} \rightarrow Sr^{87} + \beta\text{-частица}$ ,  $La^{176} \rightarrow Hf^{176} + \beta\text{-частица}$  и т.п.).

Сопоставление литературных данных и проведенных экспериментов позволило выделить круг вопросов, которые можно решить с помощью оптической спектроскопии. К ним относятся в первую очередь изотопный анализ осмия в ренийсодержащих рудах. Этот осмий на 90-99% может состоять из радиогенного изотопа, в то время как в обыкновенном осмии, состоящем из 7 изотопов, содержится всего лишь 1,64%  $Os^{187}$ . В работе приведены результаты исследования по выбору аналитических линий и оптимальных условий анализа: газа-носителя, его давления, силы разрядного тока. Предложенная методика обеспечивает определение изотопного состава осмия с точностью, достаточной для решения геохимических и геохронологических задач. Важным преимуществом является возможность анализа проб, в которых осмий входит в виде примеси.

Спектрографический метод может быть рекомендован также

для изучения минералов, обогащенных рубидием. В этих минералах происходит накопление радиогенного стронция  $Sr^{87}$ , который легко обнаруживается благодаря большой сверхтонкой структуре его линий. Ввиду того, что для спектрального анализа не требуется полное отделение рубидия и других элементов, для обогащения проб используется упрощенная химическая методика.

В качестве источника излучения спектров осмия и стронция применяется разряд в охлаждаемом полюсе катоде при силе тока 20-50 мА в атмосфере аргона. Регистрация спектров осуществляется с помощью интерферометра Фабри-Перо, скрещенного со спектрографом ДФС-8. Для определения концентраций изотопов используется метод ширины линий, обеспечивающий возможность работы в широком интервале соотношений изотопов.

Рассмотрены также возможности изотопного спектрального анализа некоторых других элементов.

Для дальнейшего повышения эффективности оптических методов анализа необходимо усовершенствование регистрирующей и измерительной аппаратуры, а также источников возбуждения спектров.

И.Д.Сегал, Л.В.Воробьева  
(САИГИМС)

#### СТАТИСТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА В СПЕКТРАЛЬНОМ АНАЛИЗЕ

Разработка и доработка методик спектрального анализа традиционными методами зачастую не приводит к желаемому результату. В практике работы спектральной лаборатории САИГИМСа успешно используются статистические методы планирования эксперимента: метод случайного баланса для выделения наиболее оптимальных режимов проведения анализа. В частности, нами реализованы серии экспериментов и оптимизированы методики определения ртуты в геологических пробах, олова в карбонатных и силикатных основах, вольфрама в

карбонатных осадочных породах и основных породообразующих элементов (Si, Al, Ca, Mg, Mn, Ti и Fe).

Одним из основных моментов планирования эксперимента является правильный выбор функции отклика, аналитический вид которой должен отражать требования, предъявляемые экспериментатором к той или иной методике. Так, например, при оптимизации методик анализа на ртуть и вольфрам необходимо было добиться повышения чувствительности их определения, поэтому функция отклика имела вид:

$$y = S_{ан} - S_{ф}$$

где  $S_{ан}$  - почернение аналитической линии,  $S_{ф}$  - почернение фона.

При оптимизации методики на олово нужно было по возможности исключить влияние основы при достаточно хорошей чувствительности и точности. В этом случае аналитическое выражение функции отклика следующее:

$$y = \frac{S_1 + S_2}{2S_m} + \left(1 - \frac{|D_1 - D_2|}{D_m}\right) + \left(1 - \frac{\sqrt{\sigma_{D_1}^2 - \sigma_{D_2}^2}}{D_m}\right)$$

где  $S_1$  и  $S_2$  - почернения аналитической линии в силикатной и карбонатной основах,  $D_1$  и  $D_2$  - относительные почернения линии (стандарт - сурьма),  $\sigma_{D_1}$  и  $\sigma_{D_2}$  - дисперсии определения относительных почернений.

При внедрении и доработке методики определения Si, Al, Mg, Mn, Ca, Ti, Fe метод случайного баланса позволил не только выделить наиболее значимые факторы, но и установить какие из них ответственны за чувствительность и точность определения того или иного элемента. В результате надо было либо оптимизировать режимы определения элементов в отдельности, либо решать компромиссную задачу их одновременного определения. Для решения последней задачи была сконструирована функция отклика:

$$y = \prod_{i=1}^n \left[ \frac{S_i}{S_{mi}} + \left(1 - \frac{\sigma_{D_i}}{\sigma_{D_{mi}}}\right) \right]$$

где  $S_i$  - почернение аналитической линии элемента,  $\sigma_{D_i}$  - дисперсии определения относительных почернений,  $S_{mi}$  и

$\sigma_{D_{mi}}$  - максимальные значения предыдущих величин. Эта функция отклика позволила с удовлетворительной чувствительностью и точностью определять одновременно все породообразующие элементы.

Результатом проведения серий экспериментов было следующее: 1. найдены оптимальные режимы возбуждения и регистрации спектров, позволяющие повысить чувствительность по ртути до  $10^{-6}\%$ , по вольфраму до  $10^{-4}\%$ ; 2. выбран оптимальный состав комплексного буфера, позволяющий в пределах ошибки эксперимента исключить влияние основы при анализе проб на олово; 3. найдены оптимальные условия одновременного химико-спектрального определения породообразующих элементов в геологических пробах.

Таким образом, методы планирования экспериментов позволяют при минимальных затратах времени найти оптимальные режимы проведения анализа, получить математическое описание процесса, выявить взаимное влияние факторов. Решение сложных аналитических задач значительно упрощается за счет целесообразного конструирования функции отклика.

В.К.Гаранин, В.А.Ильяева, Г.П.Кудрявцева  
(ИГУ)

#### КОЭРЦИТИВНЫЕ СПЕКТРЫ КАК МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ИЛЬМЕНИТОВ

Объектом исследования являлись ильмениты с резко выраженными ферромагнитными свойствами, относящиеся к серии твердых растворов  $MgTiO_3 - Fe_2O_3 - FeTiO_3$ , из различных кимберлитовых трубок Якутии. Химический и фазовый состав представителей этой системы детально изучался на рентгеновских макро- (J PX-3) и микроанализаторах (J XA-50A) методами термомагнитного анализа и дифрактометрии в широком диапазоне длин волн рентгеновского излучения. Для изучения морфологии образцов применялись электронная просвечивающая и сканирующая микроскопия.

Коэрцитивные спектры для 20 ильменитов получены при

анализе кривой нормального намагничивания  $I_r = f(H)$ . Дана интерпретация максимумов коэрцитивных спектров многофазных пикрольменитов Якутии на основе сопоставления их с коэрцитивными спектрами эталонных образцов.

Ильмениты, характеризующиеся однофазным строением с размером зерен не менее 50 мк, имеют один максимум на коэрцитивных спектрах в области  $H = 10-30$  э; параметры магнитной вязкости колеблются от 0,03 до 0,08.

Образцы с отчетливо выраженными решетчатыми структурами распада твердых растворов с размером частиц 5 мк, состав которых близок к составу матрицы, обнаруживают единственный максимум с  $H = 170-190$  э,  $S_v^*$  варьирует от 0,28 до 0,45.

Для ильменитов, в которых присутствуют в различных количествах вторичный магнетит и гематит, отмечается присутствие дополнительных максимумов в областях  $H = 240-280$  э и  $H = 430-550$  э. Завышенные значения параметра  $S_v^*$  (0,24-0,54) обусловлены присутствием фазы гематита.

Коэрцитивные спектры - метод, позволяющий диагностировать наличие структур распада твердых растворов, судить о фазовом составе пикрольменитов, указывающими на присутствие в ферромагнитных агрегатах других минералов группы ферритов-окислов.

О.К. Кошевой  
(ИГиН АН КазССР)

#### К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ИЗОТОПНЫХ ОТНОШЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОДНОЛУЧЕВОМ МЕТОДЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Исследования в области геохимии изотопов непосредственно связаны с получением надежных и точных масс-спектрометрических данных об изотопных отношениях изучаемых химических элементов. Вопрос о точности измерений особенно касается анализа веществ в твердой фазе (в частности свинца). Это обусловлено тем, что использование ленточных ис-

точников ионов и однолучевого метода регистрации, как наиболее надежного в данном случае, осложняется нестабильностью получаемых ионных токов.

Одной из возможностей повышения точности определений изотопных отношений является сокращение временного интервала между измерениями двух сравниваемых изотопов. Для этой цели Л.В. Фирсов и В.В. Горбов (1967) предложили использовать переключатель тока электромагнита для настройки на изотопы скачком, который значительно сокращал время измерений. Недостаток этого метода заключается в том, что настройка на максимум ионного тока в процессе измерений может быть нарушена вследствие некоторых флуктуаций величин ускоряющего напряжения, тока электромагнита и т.д.

В данной работе предлагается замена регистрации фиксированных максимумов ионных токов в точке записи вершин пиков на уровне 95-98% от их высоты при автоматической развертке величины магнитного поля. Для этого изготовлено простое по конструкции дополнительное устройство к блоку регулировки тока электромагнита (масс-спектрометр МИ-1309), осуществляющее автоматическую переброску с пика на пик и включение развертки магнитного поля для записи вершин пиков. Устройство работает по принципу "переключателя", к которому добавлена схема управления, состоящая из двух триггеров, релаксационного генератора и двух исполнительных реле. Частота переключений реле регулируется в пределах 6-20 сек в зависимости от выбранной скорости развертки величины тока электромагнита.

С помощью такого устройства было проведено около 100 измерений изотопных отношений свинца галенитов, пород и стандартных проб. Относительная среднеквадратичная погрешность измерения изотопных отношений составляет для пар  $Pb^{206}/Pb^{207}$  и  $Pb^{206}/Pb^{204}$  не более 0,07 и 0,2% соответственно.

Применение устройства для автоматического переключения тока электромагнита дает возможность в процессе измерений постоянно контролировать по форме пика стабильность

работы основных блоков масс-спектрометра, что значительно повышает надежность измерений по сравнению с переключателем Л.В.Фирсова и В.В.Горбова. Кроме того, автоматизация процесса измерений позволяет проводить более уверенный интерполяционный обсчет получаемых спектров за счет жестко фиксированных временных интервалов между регистрацией изотопов, тем самым повышая точность получаемых результатов.

Л.Г.Добржанская  
(ВИМС)

#### О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭФФЕКТА ГЕНЕРАЦИИ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРА В МИНЕРАЛОГИИ

Из физики твердого тела известно, что среда без центра инверсии при взаимодействии с мощным когерентным источником света генерирует излучение удвоенной частоты (вторую гармонику). Проведенными исследованиями доказана возможность использования лазерного излучения при изучении нецентросимметричных минералов в порошковых препаратах. Экспериментально доказана возможность экспрессного количественного определения нецентросимметричной фазы в порошковой полиминеральной пробе на примере кварца в смеси с калиевым полевым шпатом (адуляром), кальцитом, флюоритом и определения кварца в гранитоидах.

Указывается на возможность применения нового метода для уточнения симметрии минералов. На основе экспериментального исследования удвоения частоты излучения лазера турмалинами различного генезиса установлена возможность излучения типоморфных особенностей минералов без центра симметрии.

Г.Г.Евсеева  
(ВИМС)

#### О ПРИМЕНЕНИИ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПРИ ФОРМАЦИОННОМ АНАЛИЗЕ

Измерение диэлектрической проницаемости (частота

1 мгц, температура +25°C, способ погружения в жидкую диэлектрическую среду) порошков образцов пород из различных районов СССР и интерпретация результатов этих измерений с учетом данных петрологических исследований, проведенных геологами на этом же материале, показали возможность использования диэлектрической проницаемости для следующих целей:

1. При формационном анализе неизмененных вторичными процессами изверженных горных пород (на примере изучения пород Среднего Урала, Восточной Чукотки, Западного Саяна и др.).

2. Для оконтуривания и расчленения скарновых зон по изолиниям диэлектрической проницаемости, нанесенным на геологический план участка (на примере изучения Плитнинского рудного поля, Горный Алтай).

Результаты измерений диэлектрической проницаемости порошков горных пород интерпретируются в соответствии с формулой логарифмического средневзвешенного.

А.К.Руб, А.И.Пантелеев  
(ВИМС)

#### О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РУБИДИЕВЫХ СЛЮД ДЛЯ ДАТИРОВАНИЯ ВОЗРАСТА РЕДКОМЕТАЛЬНЫХ ПЕГМАТИТОВ

1. Работами ряда исследователей показано, что изменение химического состава слюд существенно влияет на сохранность в них радиогенного аргона. Особый интерес представляет выяснение влияния рубидия и цезия - элементов кристаллохимически близких к калию и занимающих в слюдах единую структурную позицию. Авторами были исследованы специфические высокорубидиевые слюды недавно открытого в Сибири месторождения редкометальных пегматитов.

2. Пегматитовые жилы залегают среди массивных ортоамфиболитов, представляющих собой метаморфизованные среднепротерозойские основные эффузивные породы. По минераль-

ному составу пегматиты относятся к своеобразному микроклин-петалит-альбитовому типу редкометалльных пегматитов (Луговской, Руб, Рябцев, 1974). Петалит, в дальнейшем, был почти полностью замещен тончайшим кварц-альбитовым агрегатом. Пегматиты отличаются весьма высоким содержанием тантала и рубидия.

3. Слуды изученных пегматитов относятся к разновидностям ряда мусковит-лепидолит. Специфической чертой всех разновидностей слуд является аномально высокое содержание в них рубидия (Руб, Луговской, 1974). Преобладающей слудой является рубидиевый мусковит, образующийся в пегматитах позже лепидолита. Лепидолит и литиевый мусковит развиты ограниченно. Содержание рубидия и цезия в мусковитах варьирует соответственно от 1,80 до 3,40% и от 0,18 до 0,33%. Содержание этих элементов в лепидолитах изменяется соответственно от 3,95 до 4,30% и от 0,92 до 1,21%. Мусковиты с содержанием рубидия более 2% установлены впервые.

4. Полученные значения абсолютного возраста изменяются в пределах 1250-1500 млн. лет. При этом наименьшие значения (1250-1310 млн. лет) характерны для лепидолитов и мусковитов с наиболее высоким содержанием рубидия и цезия, тогда как максимальное значение возраста получено для мусковитов с наиболее низким содержанием рубидия (2,10-2,20%). Установлена обратная зависимость между содержанием радиогенного аргона и суммарным содержанием рубидия и цезия в слудах.

5. Все проанализированные слуды образовались в пегматитах близкоодновременно. Значительное отличие их по значениям абсолютного возраста (до 250 млн. лет) связано, очевидно, с различной степенью сохранности радиогенного аргона. Решающее влияние на сохранность аргона в слудах оказывают рубидий и цезий. Эти катионы, обладая значительно большим по сравнению с калием ионным радиусом, при вхождении в кристаллическую решетку слуды разуплотняют ее, увеличивая параметр  $c$   $\sin \beta$  кристаллической решетки. Создаются благоприятные условия для выхода из решетки части радиогенного аргона.

Чем больше рубидия и цезия содержится в слуде, тем меньше остается возможностей для сохранения в ней всего радиогенного аргона. Наиболее близки к истинным значения абсолютного возраста полученные по мусковитам с наименьшим содержанием рубидия и цезия - 1500±10 млн. лет. Учитывая, что даже эти слуды отличаются весьма высоким содержанием рубидия (2,10-2,20%), представляется вероятным, что истинный возраст пегматитов несколько выше. Полученные данные позволяют отнести образование изученных пегматитов к верхам среднего протерозоя, что хорошо согласуется с геологическими данными.

В.С.Тимофеева, С.Б.Могиленкин  
(МГУ, ВИМС)

#### О ЗОНАЛЬНОСТИ ОТЛОЖЕНИЯ ВИСМУТОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ГЛАВНОЙ РУДНОЙ ЖИЛЕ БОМ-ГОРХОНСКОГО ВОЛЬФРАМО- ВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

1. Бом-Горхонское вольфрамовое месторождение, представленное главной рудной жилей северо-восточного простирания, которая сопровождается околожильными грейзенами, апофизами и параллельными маломощными прожилками, пространственно связано с одноименным гранитным массивом мезозойского возраста, имеющим сложное строение. Центральная часть массива сложена лейкократовыми гранитами, которые на юге и юго-западе окаймляются биотитовыми порфировидными гранитами, вмещающими главную рудную жилу месторождения.

2. Основная рудная минерализация главной рудной жилы была образована в течение одной, длительной по времени, кварц-гюбнерит-сульфидной стадии, с которой связана и висмутовая минерализация. Более поздние ассоциации минералов развиты в кварцевой жиле незначительно и отражают эволюцию химизма рудоносных растворов во времени и пространстве, а именно - увеличение щелочности растворов к концу процесса рудоотложения.

3. Характерной чертой Бом-Горхонского месторождения является широкое проявление висмутовых минералов, которые находятся в тесной ассоциации с гюбнеритом, сфалеритом, пиритом, халькопиритом, триплитом. Из главных рудных минералов кварц-гюбнерит-сульфидной стадии висмутовые минералы, в ряду последовательности кристаллизации, являются наиболее поздними.

4. Исследованиями Л.Н.Шмураевой (1968) и Д.О.Онтоева (1971) на месторождении были установлены следующие висмутовые минералы: самородный висмут, висмутин, козалит, бисмутоплагинит, тетрадимит, а также различные минералы зоны окисления. Детальное изучение висмутовых руд со всех горизонтов месторождения с помощью рентгено-спектрального микроанализатора ЖХА-5 позволило дополнить этот список и уточнить состав минералов. Были установлены следующие ряды висмутовых минералов, а также отдельные минералы висмута, ранее не обнаруженные на месторождении: минералы висмутин-айкинитового, густавит-лиллианитового рядов, галенобисмутит,  $Ag, Cu, Pb$  содержащие сульфовисмутиты и чивиятит.

5. Результаты проведенных исследований позволили составить ряд распространенности висмутовых минералов на месторождении в порядке убывания частоты встречаемости: минералы висмутин-айкинитового ряда, козалит, минералы густавит-лиллианитового ряда, галенобисмутит,  $Ag, Cu, Pb$  содержащие сульфовисмутиты, тетрадимит, самородный висмут, чивиятит. Широкое распространение минералов висмутин-айкинитового ряда, наличие  $Ag, Cu, Pb$  -содержащих сульфовисмутитов говорит о сходном характере минерализации Бом-Горхонского и Холтасонского месторождений.

6. Установлена зональность отложения в распределении висмутовой минерализации в главной рудной жиле месторождения. Она проявляется, с одной стороны, как прямая вертикальная зональность, а с другой стороны, как горизонтальная зональность, выражающаяся в смене минеральных висмутовых ассоциаций с поверхности на глубину и с юго-западного фланга жилы на восток, в сторону общего склонения вольфра-

мовой минерализации. На верхних горизонтах и на юго-западном фланге жилы наибольшим распространением пользуется козалит-густавит-лиллианитовая ассоциация, которая на глубине и на северо-восточном фланге жилы сменяется висмутин-айкинитовой, более высокотемпературной ассоциацией. Таким образом, зональность отложения обусловлена изменением во времени температуры и химизма растворов.

7. В пределах разведанной части Бом-Горхонского месторождения отмечается увеличение содержания висмута с глубиной, которое следует связывать как с увеличением относительного количества висмутовых минералов, так и со сменой минеральных ассоциаций: густавит-лиллианит-козалитовой на более богатую висмутом - висмутин-айкинитовую ассоциацию.

8. Устанавливается увеличение висмута с глубиной и в минералах висмутин-айкинитового ряда, характеризующихся большими вариациями содержания висмута. Если на верхних горизонтах преобладают линдстремит-айкинитовые разности, то на более глубоких горизонтах они сменяются висмутин-гладитовыми разностями, более богатыми висмутом. Средние содержания висмута в минералах висмутин-айкинитового ряда по горизонтам подтверждают это положение (48,7% для верхнего горизонта и 73,6% для нижнего горизонта).

9. В процессе формирования висмутовой минерализации имело место заметное изменение условий рудоотложения: возрастало отношение  $Pb/Wi$  в конце процесса, падала температура и увеличивалась щелочность раствора.

Н.Г.Гладков  
(ИГЕМ)

#### АКЦЕССОРНЫЙ АПАТИТ ГРАНИТОИДОВ КАК ИНДИКАТОР ИХ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ВОЛЬФРАМОНОСНОСТИ

1. Район исследований расположен в пределах Главного синклиория Сихотэ-Алиньской складчатой области и примыкает с востока к Центральному структурному шву - региональному тектоническому нарушению глубокого заложения. Магма-

тические образования района представлены позднемеловой Березовской вулканоплутонической ассоциацией (БВПА) субэлювальных пород и серией палеогеновых даек разнообразного состава, вслед за которыми формировалось оловянное оруденение касситерит-силикатной формации (Арсеньевское месторождение).

2. Образование позднемеловой (110-60 млн. лет) БВПА началось с формирования толщи вулканических пород андезитового состава предположительно в раннем сеноне. Затем произошло излияние трахитов, которые прорваны Березовским интрузивным массивом. Последний сформировался в две фазы: I - габбро-диориты, диориты и кварцевые диориты; II - монцититы, сиениты, граносиениты. Одновременно или несколько позднее на площади Арсеньевского месторождения внедрялись дайки диорит-монцититов и габбро-диорит-монцититов - дериватов Березовской интрузии. Некоторые особенности пород БВПА (приуроченность к крупному тектоническому нарушению, минеральный состав, особенности химизма пород и минералов и т.д.) позволяют связывать ее формирование с глубинным очагом андезитовой магмы.

3. Изучение минерального и химического состава магматических пород БВПА выявило тенденцию к увеличению щелочности с возрастанием роли калия и повышению содержания летучих компонентов и некоторых рудных элементов в ее конечных членах - граносиенитах. В них накапливаются редкие щелочи (Rb), В, Р, они также обогащены Rb, элементами группы железа и W. Содержание аксессуарного апатита в граносиенитах достигает 550 г/т, а шеелита, по предварительным данным, более 600-800 г/т.

4. Изучение химического состава и элементов-примесей аксессуарного апатита пород БВПА показало, что в трахитах он представлен фтор-гидроксилапатитом, а в апатитах монцититов и граносиенитов существенную роль играет хлор. Значительную примесь в изученных апатитах, помимо TR (до 0,45%), образуют  $Sr$  (10-30 г/т),  $Pb$  (10-30 г/т),  $Cu$  (5-30 г/т),  $V$  (10-30 г/т). Особенно следует подчеркнуть резкое накопление в апатитах граносиенитов В (до 10-30 г/т)

и вольфрама (> 600 г/т). Увеличение концентрации летучих компонентов, особенно - бора и хлора, а также повышенная калиево-щелочность последних порций расплава, видимо способствовали накоплению вольфрама, что отразилось как в образовании самостоятельного минерала - шеелита, так и, что особенно интересно, в обогащении этим элементом аксессуарного апатита граносиенитов.

5. В последнее время рядом исследователей (М.Г.Руб, 1971, 1974; Ю.Г.Иванов, 1974) было убедительно показано, что апатит руд кварц-шеелитовой формации и аксессуарный апатит интрузивных пород, с которыми они ассоциированы, характеризуются рядом особенностей состава. В частности для них свойственны высокие содержания W (десятки и более г/т) и TR. Изучение аксессуарного апатита магматических пород БВПА показало, что он обладает именно такими особенностями химизма и служит минералом-индикатором потенциальной вольфрамоносности пород ассоциации (помимо других признаков, указанных выше). Район распространения этих пород, особенно граносиенитов, заслуживает внимания как перспективный в отношении вольфрамового оруденения кварц-шеелитовой формации в свете общей вольфрамоносности существенно калиевых гранитоидов Центрального структурного шва.

РАЗДЕЛ IV

ОБОГАЩЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ  
РУД

## К ВОПРОСУ О ПОВЕДЕНИИ ШАМОЗИТА В ПРОЦЕССЕ БАЙЕРА

В бокситах часто присутствуют шамозиты - водные железистые алюмосиликаты с переменным химическим составом. При значительном содержании шамозитов их поведение при автоклавном выщелачивании бокситов по способу Байера оказывает существенное влияние на себестоимость глинозема. Разложение шамозита нежелательно, т.к. при этом в раствор переходит примерно равное количество  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  с последующим образованием малорастворимого гидроалюмосиликата натрия, это приводит к потерям глинозема и щелочи и, следовательно, к повышению затрат на производство глинозема.

Задача наших исследований состояла в изучении поведения шамозитов в процессе выщелачивания по способу Байера.

Объектами исследований явились пробы шамозитов и шамозитсодержащих бокситов месторождений Вежав-Ворыквинского (Средний Тимэн) и Висловского (КМА).

О поведении шамозита судили по данным дифрактометрического и химического анализов исходных проб и шламов от их выщелачивания.

Установлено, что:

1. Степень разложения шамозита уменьшается при снижении температуры выщелачивания и повышении содержания  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в жидкой фазе (с понижением каустического модуля растворов).

2. Моноклинная форма в шамозите является менее стойкой, чем ромбическая. Более окисленные шамозиты являются менее стойкими.

3. Шамозиты в шамозит-бемитовых бокситах являются более стойкими, чем чистые шамозиты.

4. При повышенном содержании шамозита в бокситах существенная часть кремнезема является инертной, что приводит к сокращению удельных потерь щелочи. Вследствие этого тре-

бования, предъявляемые к величине кремневого модуля бокситов, перерабатываемых по способу Байера, могут быть понижены.

В.И.Зубарев, Г.Г.Гончаров  
(ВИМС)

#### РАЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА ПЕРЕРАБОТКИ ВЫСОКОКРЕМНИСТОГО СЫРЬЯ НА ГЛИНОЗЕМ

Кремнезем в бокситах является вредной примесью, снижающей извлечение глинозема и увеличивающей потерю дефицитной щелочи.

Известны различные методы удаления кремнезема из бокситов: химические, термохимические, механические. Методы обогащения не универсальны. Выбор способа зависит от вещественного состава руды.

Цель наших исследований состояла в определении возможности снижения содержания  $SiO_2$  в бокситах Среднего Тимана за счет их обработки раствором щелочи.

Основным объектом исследований явилась технологическая проба Вежап-Ворыквинского месторождения (проба № I), содержащая в %  $Al_2O_3$  - 46,48;  $SiO_2$  - 9,20;  $Fe_2O_3$  - 25,46;  $FeO$  - 2,41; Ппп - II,09; кремневый модуль - 5,05. Кроме того, исследования проводились на пробе, характеризующей наиболее распространенную на месторождении литологическую разновидность боксита.

На дифрактограммах, полученных при рентгенофазовом анализе проб, присутствуют все основные рефлексы бемита, гематита и шамозита. В подчиненном количестве присутствуют гетит и рутил.

Кроме этого, обнаружена тонкодисперсная слабоаскристаллизованная, почти рентгеноаморфная кремнеземсодержащая фаза, имеющая широко размытый диффузный максимум с  $d_{001} = 4,48$ . В интервале малых углов на дифрактограмме и дебаеграммах наблюдается область повышенного фона, что косвенно свидетельствует о наличии рентгеноаморфной связи.

ИК-спектры характеризуются максимумами полос поглощения, относящихся к бемиту и шамозиту. Кроме того, присутствует фаза, которой соответствует полоса поглощения  $1030 \text{ см}^{-1}$ , отвечающая валентным колебаниям ( $Si$ ,  $Al/O$  связей).

Электронномикроскопическим исследованием обнаружено бесформенное вещество, микродифракционную картину которого получить не удалось, т.е. данная фаза аморфна.

Химическое обогащение проводили без предварительного обжига. При этом исследовалось влияние времени и температуры выщелачивания, концентраций раствора по  $Na_2O_K$ ,  $K:T$  пульпы и крупности боксита на степень удаления кремнезема. Максимальное извлечение  $SiO_2$  составило 34,3%. При этом получен качественный концентрат с кремневым модулем 7,78.

Если обогащенный боксит будет передаваться в ветвь Байера без предварительной промывки, то по ориентировочному расчету баланса щелочи обогащение следует вести при концентрации  $Na_2O_K$  60 г/л. При такой концентрации  $K:T$  составит 6,8.

Качественный концентрат ( $M = 7,20-7,06$ ) без промывки получен из боксита крупностью I и 3 мм при времени I час, температуре  $100^\circ C$ , концентрации  $Na_2O_K = 60$  г/л,  $K:T = 6,8$ . Этот режим будет оптимальным.

По данным рентгенографического фазового анализа установлено, что после щелочной обработки повысилась интенсивность максимумов шамозита и бемита, снизился фон в области малых углов и уменьшился максимум с  $d_{001} = 4,48$ . Это говорит о частичном снижении содержания слабоаскристаллизованной кремнеземсодержащей фазы. Уменьшение рентгеноаморфной фазы фиксируется также на ИК-спектрах.

Концентраты были подвергнуты выщелачиванию по способу Байера. При этом произошло значительное сокращение удельных потерь щелочи и повышение извлечения глинозема. В результате обогащения получается щелочно-кремнеземистый раствор, направляемый на регенерацию путем обработки известью. При этом получается метасиликат кальция, который нашел широкое применение в лакокрасочной, резинотехнической

кой, машиностроительной и химической промышленности.

Предлагаемая нами принципиальная схема химического обогащения боксита и последующей его переработки на глинозем позволит снизить себестоимость тонны продукции примерно на 4% и повысить комплексность использования сырья.

Л.М. Морозова  
(ВИМС)

#### О МЕТОДАХ УДАЛЕНИЯ СИДЕРИТА ИЗ КАОЛИНИТ-ГИДРАГИЛЛИТОВЫХ БОКСИТОВ

1. Одной из вредных примесей в бокситах, строго лимитируемой ГОСТом, является углекислота, которая в процессе Байера декаустифицирует щелочь и ухудшает спущаемость красного шлама. Содержание углекислоты в бокситах I сорта не должно превышать 1,8%. Некоторые типы бокситов содержат сидерит (носитель углекислоты), поведение которого в обогащательных процессах мало изучено.

2. Исследования были направлены на изучение возможностей и условий извлечения сидерита из каолинит-гидрагиллитовых бокситов Аятского месторождения, содержание углекислоты в которых превышает допустимую норму в 2,5 раза. Помимо сидерита эти бокситы отличаются повышенным содержанием (24,17%) окислов железа, что также создает определенные трудности в технологическом производстве глинозема.

3. Для удаления сидерита и группы железистых минералов из бокситов было испытано: магнитное и гравитационное обогащение, а также обжиг в интервале температур от 200° до 900°C с последующей магнитной сепарацией.

а. В магнитном поле полиградиентного шарикового сепаратора, создаваемого силой тока 5-7 А, удалось выделить из измельченного до 0,074 мм боксита магнитный продукт, содержащий 8,93% двуокиси углерода при извлечении равном 75,6%. Кроме того в магнитный продукт извлекается около 50% окислов железа. Качество полученного бокситового кон-

центрата (немагнитный продукт) по содержанию углекислоты (I,1%) соответствует бокситам I сорта марки Б-2. Извлечение глинозема в бокситовый концентрат составляет 80,1%.

б. Гравитационными способами обогащения на концентрационных столах или винтовых сепараторах возможно выделение тяжелой фракции с удельным весом более 2,8, в которую извлекается порядка 73% углекислоты и около 50% окислов железа.

в. Обжигом исходного боксита при температуре 600°C возможно снижение содержания углекислоты до 0,7% и последующее выделение железосодержащих минералов в слабом магнитном поле.

4. Сокончателный выбор метода удаления сидерита из изучаемых бокситов будет произведен после экономической оценки всех трех способов, а также учета технологических условий переработки боксита на глиноземном заводе.

Е.И. Лябимова, Л.М. Шишкова  
(ВИМС)

#### СЕЛЕКТИВНАЯ ФЛОКУЛЯЦИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ БОКСИТОВ

1. Высокодисперсные бокситы характеризуются высоким содержанием частиц < 5 мкм, кремниевый модуль этого класса 2,5-2,7. Выход частиц по размеру приближающихся к коллоидным (< 1 мкм) может достигать 40-45%. Максимальное содержание бемита наблюдается в классах -2-I и -I+0,5 мкм, кремниевый модуль этого класса 1,52. Наиболее перспективным методом механического обогащения таких бокситов является метод селективной флокуляции. Разработка этого процесса была проведена на каолинит-бемитовых бокситах Северной Онеги.

2. Процесс селективной флокуляции включает: а. предварительное механическое диспергирование пульпы; б. физико-химическое диспергирование и стабилизацию пульпы реагентами; в. селективную флокуляцию; г. классификацию мате-

риала по определенной крупности с получением двух продуктов – флокулированного осадка и слива, представляющего собой оставшийся в диспергированном состоянии пульпу.

Физико-химическое диспергирование и стабилизация достигаются обработкой пульпы содой, едким натром и гексаметафосфатом натрия, флокуляция – добавлением в пульпу гидролизованного полиакриламида в количестве 2–5 мг/л.

3. Классификацией материала по граничной крупности 20 микрон было достигнуто разделение суспензии на два продукта с различным кремневым модулем. Кремневый модуль осадка равен 5,4, слива – 1,65. Т:Ж в осадке равно 1:1,5. Перечисткой слива возможно получение каолинит-железистого продукта с кремневым модулем 1,2–1,3.

4. Для моделирования процесса селективной флокуляции бокситов в условиях, близких к полупромышленным создана укрупненно-лабораторная установка, которая позволяет осуществлять следующие основные операции: крупнукосовое механическое диспергирование, классификацию, физико-химическое диспергирование и селективную флокуляцию.

Особенности аппаратного оформления схемы: применение для механического диспергирования насоса НП-2; осуществление физико-химического диспергирования в акустическом аппарате типа "Сирена" конструкции института СРЕДАЗНИПРО-ЦВЕТМЕТ с предварительной обработкой пульпы реагентами. Процесс селективной флокуляции и сгущение концентрата осуществляются в разделительном аппарате новой конструкции – цилиндрическо-коническом сгустителе.

5. Результаты обогащения, полученные на установке в непрерывном процессе, в целом воспроизводят лабораторные данные. В разделительном аппарате получена высокая скорость слива 1–1,5 м/час.

Созданная установка дает возможность изучать параметры процесса, определять характеристики оборудования, что очень важно для дальнейшего развития исследований по селективной флокуляции высокодисперсных руд.

В.Е.Лифиренко, Т.В.Башлыкова  
(ВММС)

#### ИССЛЕДОВАНИЯ БОГАТИМОСТИ ЖЕЛЕЗИСТЫХ БЕМИТОВЫХ БОКСИТОВ СРЕДНЕГО ТИМАНА

1. Бокситы Среднего Тимана отличаются сложным минеральным составом, невысоким кремневым модулем 4–5. Повышенное содержание окислов железа (до 30%) затрудняет переработку боксита по способу Байера – спекание, последовательный вариант; невысокий кремневый модуль – эффективную переработку по способу Байера. Поэтому целесообразно обогащение бокситов.

2. Бокситы являются трудным объектом для механического обогащения. Слагающие их минералы: бемит, гематит, гетит, шамозит и др., – находятся в виде высокодисперсной ассоциации в составе полиминеральных зерен. Гранулометрические анализы проб бокситов показывают довольно равномерное распределение глинозема, кремнезема и окислов железа. Лишь в тонких классах (–44 микрон) кремневый модуль несколько повышается (до 6,5), в основном, за счет концентрации бемита в классе –5+1 микрон; наиболее высокодисперсная часть боксита –0,5 микрон характеризуется резким снижением кремневого модуля (1,9) за счет перехода в нее значительной части кремнезема и гидроокислов железа.

3. Исследования по богатимости двух проб бокситов ( $M_K = 5,2$  и  $M_K = 4,1$ ) проводились по двум направлениям: с применением магнитной сепарации и избирательного крупнукосового механического диспергирования.

По схеме промывка-магнитная сепарация в высокомодульный продукт с кремневым модулем 7,55, 52,4%  $Al_2O_3$  и 230  $Fe_2O_3$  извлекается 76,9% глинозема, выход его 69,6%. Хвосты обогащения составляют низкомодульный продукт ( $M_K \sim 3$ ).

По схеме с применением избирательного крупнукосового диспергирования получены обогащенные бемитом высокомодульные продукты с кремневым модулем ~7,8 и 6,72 с содержанием  $Al_2O_3$  51,3% и 47,4% для проб первой и второй соответ-

ственно. Низкомодульные продукты имеют кремневый модуль  $\sim 3$ . Выход высокомоульных предуктов составляет 68,2% - для первой пробы и 48,57% - для второй.

4. В результате исследований обогатимости двух проб бокситов Среднего Тимана установлена возможность разделения боксита на два различных по химическому и минеральному составу продукта: высокомоульный и низкомоульный. Высокомоульные продукты ( $M = 6,7+7,5$ ) пригодны для переработки на глинозем по наиболее эффективному способу Байера с выбросом красного шлама в отвал; низкомоульные ( $M \sim 2$ ) - по способу спекания или другими.

5. Показана возможность замены водной базы в операции механического крупнокускового диспергирования на щелочную, что значительно упрощает проведение дальнейшего гидрохимического передела.

Л.Г.Симакова  
(ВИМС)

#### ИЗУЧЕНИЕ СПЕКАНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОЙ ШИХТЫ ИЗ КРАСНОГО ШЛАМА ПАВЛОДАРСКОГО АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА

Последовательный вариант схемы Байер - спекание, по которому работает Павлодарский алюминиевый завод, предусматривает доизвлечение окиси алюминия и щелочей из красного шлама путем спекания его с содой и известняком в трубчатых вращающихся печах. Высокое содержание окиси железа в красном шламе (22-28%) обуславливает понижение температуры спекания шихты, узкую площадку спекообразования (30-40°). Это вызывает образование в печах кольцевых настывлей, удаление которых приводит к длительным простоям печей и разрушению футеровки. Такие недостатки ликвидируются при спекании гранулированной шихты на обжиговых конвейерных машинах, которые позволяют точно регулировать температуру спекания и характеризуются меньшим расходом тепла, большей удельной производительностью и меньшим пылеуносом.

Цель нашей работы состояла в определении возможности

устранения указанных недостатков за счет грануляции шихты, спекания в восстановительных условиях, замены вращающихся печей обжиговыми конвейерными машинами.

Объектом исследований явился красный шлам Павлодарского алюминиевого завода, содержащий (%):  $Al_2O_3$  - 22,46;  $Fe_2O_3$  - 22,50;  $SiO_2$  - 18,35;  $CaO$  - 1,54;  $TiO_2$  - 5,50  $SO_3$  - 1,61;  $Na_2O$  - 13,0; Ппп - 13,30.

Шлам смешивали с известняком и содой и гранулировали при добавке воды. При испытании механических свойств гранул установлена их пригодность для спекания на конвейерных машинах.

Проведены лабораторные и полупромышленные исследования по спеканию в окислительных и восстановительных условиях.

В результате изучения кинетики спекания в окислительной атмосфере ненасыщенной шихты того же состава, что и на заводе, определены оптимальные параметры процесса: температура - 1180°С, время - 10 мин. При этом извлечение глинозема составило 85,9%, а щелочи - 95,4%.

Шихта для восстановительного спекания отличается пониженным содержанием щелочи (на связывание  $Fe_2O_3$  в алминат щелочь не дозируется). Содержание восстановителя в шихте варьировали в пределах 0-40% от теоретически необходимого по реакции полного восстановления железа: шихту спекали в восстановительной и нейтральной атмосфере. В обоих случаях достигнуто высокое извлечение глинозема, соответственно, 93,8 и 93,2% и щелочи: 96,4 и 94,4%.

Полупромышленные опыты проводили на обжиговой конвейерной машине ОКМ-1-18 предприятия "Укрчерметруда". Высота слоя окатышей на паллетах  $\sim 300$  мм. Определены оптимальные условия спекания в окислительной атмосфере: температура в зоне сушки - 200°С, подогрева - 820°С, обжига - 1150°С. Время нахождения в зонах, соответственно, 9,75 мин, 10,83 мин, 12,25 мин. Получен спек, из которого извлекалось 87,8%  $Al_2O_3$  и 94,9%  $Na_2O$ .

При восстановительном спекании достигнуто более высокое извлечение глинозема - 94,8%. Извлечение щелочи сос-

тавило 94%. Установлено, что при спекании в нейтральной атмосфере содержание коксика должно составлять около 5% от веса шихты.

Выводы: 1. из шихты на основе красного шлама ПАЗа можно получать прочные, пригодные для спекания на конвейерных машинах, окатыши; 2. показаны преимущества восстановительного спекания; 3. полупромышленными исследованиями установлена возможность спекания шихты из красного шлама ПАЗа на обжиговых конвейерных машинах с получением более высоких показателей, чем при спекании во вращающихся печах ПАЗа.

Т.С.Подчайнова  
(ВИМС)

#### ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОБОГАЩЕНИЮ И ПЕРЕРАБОТКЕ ТРУДНООБОГАТИМЫХ ОЛОВЯННЫХ РУД СКАРНОВОГО ТИПА

1. Расширение сырьевой базы олова в легкодоступных районах представляется возможным за счет коренных тонковкрапленных руд. Часть из них приходится на руды скарнового типа. Текстурно-структурные особенности этих руд предопределяют низкое извлечение олова в кондиционные концентраты, что делает их использование малозффективными и препятствует вовлечению их в промышленную переработку.

2. Нами проводится технологическое изучение оловорудных месторождений скарнового и апоскарнового типа Северного Приладожья. Руды характеризуются тонкой вкрапленностью касситерита, тесной сроченностью его с породообразующими минералами, наличием кислотнорастворимых форм олова, повышенной оловоносностью породообразующих минералов. Вещественный состав руды не позволяет получить высокие показатели обогащения, поэтому исследования ведутся в направлении разработки комбинированной обогатительно-металлургической схемы с получением на стадии обогащения низкосортных оловянных продуктов с последующим их флотинованием.

3. Разработана магнитно-гравитационная схема обогаще-

нения, позволяющая получить кондиционный железный концентрат и оловянные полупродукты, содержащие 1,5-2% олова при извлечении 72-77%, пригодные для флотинования с высоким извлечением олова в возгоны.

4. Разработка комбинированных обогатительных схем с получением на стадии обогащения низкосортных оловянных продуктов позволит обеспечить высокое сквозное извлечение металла с приемлемыми экономическими показателями и позволит вовлечь в промышленную переработку труднообогатимые скарновые оловянные руды.

В.А.Семенова  
(ВИМС)

#### ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ СХЕМ ОБОГАЩЕНИЯ ОЛОВЯННЫХ ТРУДНООБОГАТИМЫХ РУД

1. Тонковкрапленные оловянно-сульфидные руды, запасы которых значительны, являются трудным объектом для обогащения.

2. Текстурно-структурные особенности этих руд обуславливают низкое извлечение олова в кондиционные концентраты при обогащении. Наиболее перспективными для их переработки следует считать комбинированные (обогатительно-металлургические) схемы, в которых на стадиях обогащения получают низкосортные оловянные или оловянно-полиметаллические продукты, поступающие на дальнейший металлургический передел.

3. Исследования ВИМСа, при технологическом изучении оловянно-сульфидных руд с высоким содержанием станнина (месторождение Юбилейное) было показано, что применение комбинированной схемы позволяет значительно повысить сквозное извлечение олова. Схема включала извлечение сульфидов меди, цинка, свинца, станнина гравитацией или флотацией и металлургический передел объединенного продукта с помощью вакуумной пиротермии. Связанный с сульфидами

тонковкрапленный касситерит извлекается флотацией. При этом содержащаяся в продукте сера используется в качестве сульфидизатора при сульфидовозгонке олова.

4. Исследование обогатимости сульфидно-оловянных руд, в которых олово представлено весьма тонко вкрапленным касситеритом (месторождение Нижнее), а из полезных компонентов содержатся также цинк и свинец, проводилось нами по гравитационно-флотационной и флотационно-гравитационной схемам. По обеим схемам извлечение олова в кондиционный концентрат (15%  $S_m$ ) низкое. Однако, по флотационно-гравитационной схеме извлечение олова выше, а цинка и свинца значительно выше. Основные потери олова связаны: а. с сульфидными продуктами - цинковым концентратом (6,6%), цинковым промпродуктом (10,4%), в котором сосредоточено 32,8% цинка и 44,7% свинца, а также с продуктами доводочных операций черногового касситеритового концентрата (10,6%); б. с хвостами и шламами касситеритового цикла, представленными в основном нерудными материалами (26,4%).

5. Попытки доизвлечения олова из этих продуктов с помощью различных, используемых для флотации касситерита режимов, а также гравитационных методов обогащения положительных результатов не дали. В связи с этим на данном этапе исследований с целью максимального извлечения олова нами рекомендуется для переработки методом вакуумной пиротомии объединенный продукт - черновой цинковый и касситеритовый концентраты - выход которого составит 24,6% при содержании олова 1,31% и извлечении олова 61%, цинка и свинца соответственно 90% и 70% (содержание в исходной руде олова 0,53%, цинка 3,63%, свинца 1,04%). При этом сквозное извлечение олова (по данным химико-технологических исследований, проведенных в ВИМСе) в возгон с содержанием 15% составило 57,4%, в то время, как в кондиционный гравитационный концентрат такого же содержания - 33,4%.

6. Разработана комбинированная схема обогатительно-металлургическая, в которой на стадии обогащения получают-

ся низкосортные оловянно-полиметаллические продукты. Последующий их металлургический передел методом вакуумной пиротомии позволяет повысить сквозное извлечение олова и цветных металлов. Это создает предпосылки к использованию сульфидно-оловянных руд промышленностью.

Е.С.Броницкая  
(ВИМС)

#### К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДА МАТЕМАТИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРИ ФЛОТАЦИИ СФАЛЕРИТ-ШЕЕЛИТОВЫХ РУД

1. Разработка флотационной схемы обогащения комплексных сфалерит-шеелитовых руд не представляет принципиальных трудностей, т.к. сфалериты шеелита относятся к рудным классам минералов по флотуемости (по классификации М.А. Эйгелеса) и для извлечения их методом флотации разработаны различные реагентные режимы. Тем не менее выбор оптимальной крупности руды при подготовке к флотации и необходимых реагентных режимов с применением классических методов исследования требует проведения больших экспериментальных работ и не позволяет проанализировать роль каждого из изучаемых параметров и их взаимодействие с достаточной полнотой.

2. В работе использован метод статистического планирования эксперимента для разработки оптимальных условий селективной флотации сфалерита и шеелита. В качестве параметров оптимизации выбраны два показателя: эффективности обогащения и показатель, равный отношению содержания металла в концентрате к содержанию такового в хвостах. Составлена матрица для трехфазного эксперимента, переменными в котором являлись: расход собирателя, расход регулятора, крупность помола. При оценке результатов исследования основное внимание уделено анализу значимости и взаимодействия переменных процесса флотации.

3. В результате применения метода математической ста-

тистики выбран оптимальный реагентный режим цинковой флотации: медный купорос 600 г/т, ксантогенат - 75 г/т и сосновое масло 120 г/т.

Получен цинковый концентрат, содержащий 45% цинка при извлечении 83%, отвечающим требованиям ЦМТУ-02-1-66.

При флотации шеелита в выявленном оптимальном реагентном режиме: сода 1300 г/т, жидкое стекло 900 г/т, олевиновая кислота 300 г/т, получен шеелитовый концентрат основной флотации, содержащий 22% трехокси вольфрама при извлечении 80%, который предусматривается довести до кондиции по методу Петрова.

Сделан вывод о целесообразности использования метода математической статистики для анализа флотационного процесса.

С. И. Иванков  
(ВИМС)

#### ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ФЛОТАЦИОННОМУ ОБОГАЩЕНИЮ КОМПЛЕКСНЫХ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ШЕЕЛИТОВЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАЙХУРА

1. В настоящее время в отечественной и зарубежной практике обогащения тонковкрапленных комплексных руд уделяется максимальное внимание возможно полному извлечению полезных компонентов, что вызывает необходимость использования разветвленных технологических схем флотационного обогащения.

2. Объектом исследований явилась технологическая проба медно-цинково-вольфрамовых руд месторождения Майхура с содержанием трехокси вольфрама 1,32%, меди 0,36% и цинка 0,48%, что позволяет рассматривать эти руды промышленными по содержанию вольфрама и меди; попутное извлечение цинка также представляет интерес.

3. В работе изучены технологические схемы и реагентные режимы флотационного обогащения с целью получения шеелитового и медного товарных концентратов и цинкового полупродукта для гидрометаллургического передела.

4. Проведенные исследования по флотации сульфидов меди и цинка показали, что наиболее перспективной является прямая селекция этих минералов по методу Дебривной и Конева с флотацией халькопирита и пирита сульфидрильными собирателями с применением сернистого натрия и цинкового купороса в известковой среде ( $pH = 11,5-12$ ) для депрессии сфалерита.

В результате лабораторных испытаний получены: а. медный концентрат с содержанием меди 16% при извлечении 60%; б. цинковый полупродукт с содержанием цинка 14% при извлечении 60%.

5. Изучена флотируемость шеелита из хвостов сульфидной флотации с применением жирокислотных собирателей в содовой среде с последующей доводкой черного концентрата по методу Петрова.

Получен шеелитовый концентрат, содержащий 73,7% трехокси вольфрама при извлечении 77,5%.

6. В результате проведенных исследований разработана двухстадийная схема флотационного обогащения, позволяющая осуществить комплексное извлечение изучаемого минерального сырья с получением медного концентрата и цинкового полупродукта в первой стадии схемы и шеелитового концентрата во второй.

Н. С. Михайлова  
(ВИМС)

#### КИНЕТИКА ИОНООБМЕННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ВУЛКАНИЧЕСКОГО СТЕКЛА

В основе разработанного способа извлечения цезия из вулканических стекол, заключающегося в автоклавной обработке измельченного материала раствором хлористого калия ( $T = 250^{\circ}C$ ,  $\tau = 2,5$  часа,  $K:T = 10:1$ ) лежит процесс ионообменного замещения ионов цезия, натрия, рубидия, содержащихся в стекле ионами калия из раствора.

Скорость выщелачивания не зависит от условий перемешивания, сильно меняется с измельчением материала и резко

уменьшается со временем. Эти факты свидетельствуют в пользу внутридиффузионной области протекания данного процесса.

С целью изучения кинетики ионообменного выщелачивания нами проведены опыты по выщелачиванию тонкоизмельченного стекла при различной продолжительности (5, 15, 30 и 60 мин).

Обработка результатов показала, что на значительном участке от начала опыта кинетика выщелачивания рубидия и цезия может быть описана параболическим законом:  $x = k\sqrt{t}$ , где  $x$  — извлечение выщелачиваемого иона в раствор,  $t$  — время. Это также является одним из характернейших признаков внутридиффузионной области протекания процесса.

Очень большая скорость выщелачивания натрия позволяет допустить применимость этого параболического уравнения лишь в первые 15 мин. По тангенсу угла наклона кривых  $x^2 = kt$  на их начальном прямолинейном участке вычислены константы скорости выщелачивания цезия, рубидия и натрия хлористым калием при указанных выше температурах.

Показано, что константы скорости приближенно связаны с коэффициентом диффузии следующим уравнением  $k = 2 \cdot 100^2 \frac{D}{a^2}$ , где  $D$  — коэф. диф. в  $\text{см}^2 \text{сек}^{-1}$ ;  $a$  — размер частиц в см.

Подсчитанные по этому уравнению коэффициенты гетеродиффузии ионов в исследованном вулканическом стекле при  $250^\circ\text{C}$  составляют:  $D_{\text{Cs}-\text{K}} = 11,1 \cdot 10^{-12} \text{ см}^2 \text{сек}^{-1}$ ;  $D_{\text{Cs}-\text{Rb}} = 20,7 \cdot 10^{-12} \text{ см}^2 \text{сек}^{-1}$ ;  $D_{\text{Cs}-\text{Na}} = 38,1 \cdot 10^{-12} \text{ см}^2 \text{сек}^{-1}$ .

Обработка экспериментальных данных по кинетике выщелачивания с помощью табличных данных для функции  $F = f(x_1)^*$ , используемых при изучении кинетики сорбции ионов ионитами привела к значениям того же порядка для коэффициентов диффузии. При этом, однако, оказалось, что величина коэффициента диффузии регулярно возрастает с повышением степени извлечения. Это объясняется тем известным фактом, что ионы щелочных металлов в стекле занимают энергетически неравноценные позиции и при выщелачивании в первую очередь извлекаются наименее прочно, а в последнюю — наиболее прочно связанные в структуре стекла иониты. Энергия активации

гетерогенной диффузии ионов в интервале  $120-250^\circ$  составляет:  $E_{\text{Cs}} = 13700$  кал,  $E_{\text{Rb}} = 6960$  кал,  $E_{\text{Na}} = 4900$  кал.

На основании результатов выщелачивания вулканического стекла различной крупности со средним размером зерен 4; 7,5; 17,5; 20; 37 и 90 микрон установлено, что величины коэф. диффузии возрастают с увеличением крупности зерен. Это объясняется наличием в стекле открытых пор и капилляров, заполненных водой. По зависимости величин коэффициентов диффузии от размера зерен приближенно оценена величина внутренней поверхности, составляющей  $250 \text{ см}^2$  на  $1 \text{ см}^3$  стекла.

В связи с выявленной зависимостью коэффициентов диффузии от степени выщелачивания и размера зерен практически следует говорить о приближенных величинах эффективных коэффициентов диффузии, которые и определяют кинетику выщелачивания.

Малая величина коэф. диффузии для цезия и высокая энергия его активации определяют необходимость тонкого измельчения стекла и высокой температуры для эффективного извлечения цезия из вулканического стекла.

\* Здесь  $x$  — степень завершения процесса:  $x = D \frac{\pi^2}{4t}$   
 $D$  — коэффициент диффузии,  $r$  — радиус частицы.

## РАЗДЕЛ V

# ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ И ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

ОПЫТ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ОЛОВА СКАРНОВОГО ТИПА НА РАННИХ СТАДИЯХ ИЗУЧЕННОСТИ  
(НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КИТЕЛЯ)

1. Проблема геолого-экономической оценки месторождений на стадии поисков и ранних этапов разведки является одной из наиболее важных и актуальных. Производственные организации уже на ранних стадиях изучения месторождения заинтересованы в оперативной оценке разведываемых объектов для решения вопроса о целесообразности проведения дальнейших геологоразведочных работ. Предварительные технико-экономические расчеты дают такие необходимые ориентиры, как минимально-промышленное содержание полезного компонента и минимум запасов, а также позволяют наметить дальнейшие пути исследования по выбору наиболее рациональных схем переработки руд.

2. Близость месторождения Кителя к промышленно развитым центрам, наличие электроэнергии, средств доставки перерабатываемой продукции, местных строительных материалов определяют благоприятную географо-экономическую характеристику и существенно снижают затраты на его освоение.

3. Проведенные геологоразведочные работы позволили выявить следующее. Месторождение Кителя относится по существующей классификации к скарновому типу, залегает в глубоко метаморфизованных породах среднепротерозойского возраста в обрамлении купола гнейсо-гранитов, прорванных на контакте более молодыми гранитами рапакиви. Рудное тело представляет собой скарновую залежь субширотного простирания с почти вертикальными углами падения.

4. Выделяются три типа руд. Первый, основной тип - гранат-пироксеновые скарны с магнетитом (до 70% прогнозных запасов). Второй тип - пироксен-гранатовые скарны (до 20%

запасов олова). Третий тип - калишпатизированные метасоматиты (до 5% олова от общей суммы). Руды месторождения относятся к труднообогатимым. Наличие кислоторастворимых форм олова, весьма тонкая вкрапленность касситерита и сростки его с породообразующими минералами обуславливают низкое извлечение олова в концентраты. Поэтому исследования ведутся в направлении разработки комбинированной обогатительно-металлургической схемы с получением на стадии обогащения низкосортных оловянных продуктов с последующим переделом их с помощью флотирования. В расчетах принято сквозное извлечение, учитывающее извлечение при флотировании и при обогащении руд.

5. Технико-экономические расчеты велись по вариантам годовой производительности предприятия 250 и 500 тыс. тонн руды в год по методу аналогии и частично по укрупненным показателям. Рассчитаны следующие показатели: полная себестоимость 1 т руды, себестоимость 1 т металла в концентрате, годовые эксплуатационные затраты, годовой выпуск товарной продукции, годовая прибыль, капитальные вложения, минимально-промышленное содержание полезного компонента, годовая производительность обогатительной фабрики, рентабельность.

6. На основании выполненных расчетов стало очевидным, что наиболее рентабельным предприятием будет комбинат с годовой производительностью порядка 500 тыс. тонн, с получением 1,5; 2 и 3% концентрата и дальнейшей его переработкой на флотирующей установке. Годовая прибыль составит соответственно по 1,5; 2 и 3% концентратам 2643, 3197 и 3560 тыс. рублей, а рентабельность 11,3; 13,7 и 15,2%. Минимально-промышленное содержание полезного компонента - 0,30%.

7. Положительная оценка месторождения будет верна только в том случае, если принимаемые прогнозные запасы найдут подтверждение в процессе дальнейшей разведки. С этой целью рекомендуется проходка еще одного рудного горизонта, ниже существующего на 80-100 метров, что позволит

выяснить характер распределения оруденения на глубину, детально оконтурить рудные тела для отдельного подсчета запасов по типам руд, а также решить вопрос о достоверности данных бурения и установлении соответствующего поправочного коэффициента для последующей разведки глубоких горизонтов бурением. С целью повышения промышленной значимости месторождения рекомендуется начать поисково-разведочные работы на перспективных полях непосредственно тяготеющих к месторождению Кытеля. Учитывая в составе руды значительных количеств железа, цинка, меди, предлагается технологам выяснить возможность комплексного использования руд, что несомненно повысит промышленную ценность месторождения.

Указывается на целесообразность оценки на ранних стадиях изучения, поскольку от решения выдвигаемых на данном этапе вопросов во многом зависит судьба известных и вновь открываемых месторождений подобного типа.

А.М.Шусторович  
(ВИМС)

#### ОБ УЧЕТЕ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП ПАРАМЕТРОВ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Во многих практических задачах, возникающих в геологии и других науках, появляется необходимость провести ту или иную типологию, зонирование или районирование, а также решать в последствии, принадлежит тот или иной объект к какому-либо из выделенных типов, зон или районов. В большей части задач таксономии, возникающих описанным образом, рассматриваются объекты, охарактеризованные набором количественных показателей, обычно несоизмеримых, как, например, процентные концентрации химических элементов и мощности рудных тел. Кроме того, в задачах типа районирования необходим учет расположения объектов в пространстве, т.е. еще двух-трех признаков ("долготы", "широты", иногда "глубины", или их аналогов), которые стоят особняком в ряду всех прочих показателей.

В этой ситуации целый ряд работ использует для установления близости классов евклидову метрику с весами, появление которых вызвано как различной содержательной важностью разных показателей, так и необходимостью соизмерить различные единицы измерения по осям признаков. Такой подход обладает как некоторыми преимуществами, например, простотой вычислительной схемы, так и недостатками, важнейшими из которых являются: 1. трудности уравнительного взвешивания; 2. неизбежное усиление влияния сильно коррелированных параметров; 3. неспецифичность учета различных групп параметров.

Предлагается способ избежать перечисленных трудностей с помощью специального критерия качества разбиения всего множества объектов на классы, построение которого приводится в настоящей работе.

Рассмотрим каждый объект как вектор в  $E = R^T + R^M$ , где  $R^T$  - обычное пространство с введенной в нем метрикой,  $R^M = R^{M+1} + \dots + R^{Mk}$  -  $M$ -мерное пространство учитываемых в задаче показателей; все они разбиты на группы тесно связанных между собой (возможен случай  $K = I$ ). Предлагаемый критерий основан на модификации введенного С. Уилксом показателя пересеканности классов  $Q = \frac{1}{1+l}$ , где величина  $l$  равна отношению межвыборочной дисперсии к внутривыборочной в проекции на лучшую разделяющую две выборки прямую. Такие  $l_s$  строятся во всех  $R^{Ms}$ ; аналогичное  $l^T$  (в терминах "расстояний") берется в  $R^T$ . Затем полученные  $l_1, \dots, l_k, l^T$  складываются с весами - коэффициентами важности. Итоговые показатели  $Q_{ij}$  (для всех пар выборок) упорядочиваются по убыванию, и для установления, какое из двух разбиений лучше, проводится лексикографическое сравнение соответствующих рядов.

Предлагаемый критерий обладает следующими свойствами:

1. Независимость от произвольного выбора начала отсчета и единиц измерения по осям признаков в  $R^M$ , что снимает трудности соизмерения, упомянутые выше.

2. Автоматический учет коррелированности показателей внутри групп.

3. Независимость от введения произвольной единицы измерения "расстояния" в  $R^T$ .

4. Возможность учитывать различную содержательную важность пространственной отдаленности объектов и каждого из рассматриваемых параметров или их групп.

5. Способность определять оптимальное число классов, на которое разумно разбить все множество изучаемых объектов.

На основании введенного критерия строится ряд алгоритмов.

Л.Г. Маргулис  
(ВИМС)

#### ПОСТРОЕНИЕ ЛИНЕЙНОГО ПРОГНОЗА РАНГОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПО НАБОРУ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Наряду со стандартной задачей математической статистики, состоящей в приближении  $K$ -мерной совокупности с помощью плоскости регрессии, в геологии часто возникает следующая проблема. Пусть заранее известен порядок точек совокупности, т.е. между ними задано соотношение "больше-меньше". Желательно было бы построить плоскость, которая сохраняла бы этот порядок для проекции точек и одновременно была бы геологически интерпретируема. Такая ситуация встречается, например, при сравнительной оценке запасов месторождений.

Интерпретируемость состоит в наложении ограничений на знаки коэффициентов искомой плоскости. При этом полного сохранения порядков, очевидно, требовать нельзя. Таким образом, наша задача состоит в построении такой плоскости, которая давала бы наиболее близкий к заданному порядок или, иначе, максимизировала коэффициенты ранговой корреляции.

Математически проблема сводится к повторному решению задач линейного программирования. Предлагаемый алгоритм

существенно использует то, что достаточно найти хотя бы одну плоскость из класса плоскостей с одинаковыми коэффициентами ранговой корреляции. Вследствие этого достигается многократная экономия времени по сравнению с существующими методами решения задач линейного программирования.

В.Л.Брискин  
(ВИМС)

ПРОГРАММА, ОБРАБАТЫВАЮЩАЯ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ,  
ПОЛУЧЕННЫХ НА КВАНТОМЕТРЕ КРФ-II

Программа состоит из двух частей. Первая часть переводит информацию с перфоленты, полученной на квантометре, в коды ЭВМ, а затем, используя эту информацию, вторая часть производит расчет концентрации элементов образцов пород, исследуемых на квантометре. Программа определяет состав 11 проб, которые исследуются за один цикл на квантометре. Алгоритм обработки основан на упрощенном варианте способа теоретических поправок. Сущность этого метода состоит в том, что сначала определяется приближенное содержание элементов, составляющих пробу, исходя из предположения, что интенсивность аналитических линий рентгеновских флуоресцентных спектров определяемых элементов пропорциональна их содержанию. Для уточнения полученных содержаний вводятся поправочные коэффициенты, которые, в свою очередь, при некоторых упрощающих предположениях, линейно зависят от концентрации элементов, составляющих пробу. Таким образом, получается система линейных уравнений относительно содержания элемента. Эта система решается методом итераций. Затем полученное решение нормируется на 99,5% (0,5% - концентрация остальных элементов, которые не определяются этим методом). На печать выдается приближенный состав пробы, полученный на первом шаге, состав, полученный при решении системы уравнений, а также концентрации, нормированные на 99,5%.

И.Р.Домбровская  
(ВИМС)

ПОСТРОЕНИЕ ПРОГНОЗНЫХ КАРТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ДИСКРИМИНАНТНОГО АНАЛИЗА

В практике геофизических и геохимических работ накапливается большое количество данных. Эти данные в пространстве признаков образуют многомерные выборки, характеризующие исследуемые площади. Возникает необходимость сравнить между собой выборки по набору статистических параметров. Для этой цели в настоящей работе используется дискриминантный анализ.

Алгоритм предназначен для расчета трех характеристик многомерных выборок с последующим построением, по желанию пользователя, одной из карт изолиний: 1. карта коэффициентов  $Q$ ; 2. карта вероятностей ошибочной классификации  $P$ ; 3. карта суммарных потерь ошибочной классификации  $L$ . Карты изолиний вычерчиваются автоматически на графопостроителе "Атлас".

Каждый участок картируемой местности представлен выборкой, координатами каждого вектора которой являются геофизические, геохимические и другие данные, образующие  $k$ -мерное пространство признаков. Участки сравниваются с эталоном (участком площади, характеризующим месторождение) методом дискриминантного анализа и определяется их степень сходства ( $Q$ ).

Малая величина  $Q$  свидетельствует о значительном различии эталонного и сравниваемого участка в пространстве выбранных признаков.

Найденное значение  $Q$  используется для определения вероятностей ошибочной классификации ( $P$ ) и функции суммарных потерь от ошибочной классификации ( $L$ ).

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СЕТОК К РЕШЕНИЮ ПРЯМЫХ ЗАДАЧ  
ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКИ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ

Для интерпретации результатов наблюдений кажущегося сопротивления  $\rho_k$  разработана конечно-разностная методика расчета по общей программе на ЭЦВМ набора палеток для двумерных структур, достаточно близких к реальным.

При любом разбиении полупространства на области постоянной проводимости расчет сводится к построению и решению системы алгебраических уравнений для значений вторичного потенциала в узлах пространственной решетки. Разделение структур на простые и сложные теряет смысл.

Источниками погрешности сеточного решения являются: неточность граничных условий во внешних узлах и алгебраических уравнений - во внутренних, а также вычислительная погрешность процесса итерации.

Неточность граничных условий существенна при наличии наносов и мало влияет в случае локальных структур в однородной среде. Снижение погрешности достигается увеличением количества узлов, причем расчетное время и объем требуемой памяти должны быть приемлемы для ЭЦВМ (16-27 тыс. узлов, 30-40 мин счета).

Суммарная погрешность метода контролируется сравнением с имеющимися аналитическими решениями и выполнением принципа взаимности приемных и питающих электродов.

Для основных двумерных структур изучено влияние формы, глубины погружения, проводимости, наносов, размера приемного диполя и т.д. на аномалию  $\rho_k$  различных установок картирования вкрест простирания. Особый интерес представляет исследование глубинности нулевых дипольных установок.

В дальнейшем, методика может быть обобщена на случай трехмерных структур, криволинейных поверхностей раздела, профилирования не вкрест простирания и т.д.

ВЫЯВЛЕНИЕ АНОМАЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ТЕРРИТОРИИ ПО НАБОРУ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ИХ СВЯЗЕЙ

При изучении многомерных векторов, описывающих геологические, геохимические и другие объекты, часто оказывается, что некоторые из них имеют отклонение, связанное или с ошибками измерений, или с тем, что объекты аномальны. В настоящей работе описывается алгоритм, позволяющий выявлять эти аномальные вектора по совокупности признаков, в предположении, что эти многомерные вектора распределены по нормальному закону.

Предлагаемый алгоритм использовался для формирования фоновой матрицы геофизических измерений, проведенных на территории, исследуемой на наличие там бокситов. (Было получено несколько фоновых матриц: для выделения фона бралась вся территория, а также ее отдельные части). Затем для каждого вектора вычислялась мера  $Q$  пересеканности его с фоновой матрицей и на устройстве "Атлас" вычерчивалась карта изолиний  $Q$ . Перспективные участки территории на этих картах характеризуются малыми значениями  $Q$ , т.к. естественно предполагать, что участки территории, содержащие месторождения бокситов, значительно отличаются от фона.

Указанный выше алгоритм служит также и для выявления участков территории с аномальными связями между признаками. При этом мы используем следующую теорему.

$$\text{Пусть } A(n) = \sum_{\alpha=1}^n (X_{\alpha} - \bar{X}_n)(X_{\alpha} - \bar{X}_n)',$$

где  $X_1, X_2, \dots$  - независимые случайные векторы, распределенные  $N(\mu, \Sigma)$  и  $n = N-1$ . Тогда распределение вектора  $B(n) = \frac{1}{\sqrt{n}}(A(n) - n\Sigma)$  асимптотически нормально с нулевым вектором среднего значения и ковариациями

$$M b_{ij}(n) b_{kl}(n) = \delta_{ik} \delta_{jl} + \delta_{il} \delta_{jk}$$

Таким образом, аномальность вектора  $B(n)$  указывает на аномальность участка территории, для которого он вычис-

лен. Для названной выше территории на устройстве "Атлас" также была вычерчена карта изолиний специального показателя аномальности, введенного в настоящей работе.

На всех полученных картах с большей или меньшей степенью рельефности выделяется известное месторождение бокситов, а также ряд перспективных участков.