

РАЗДЕЛ 3. МЕТОДЫ ПОИСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Лебедев Генрих Васильевич
кандидат геол.-мин.наук, доцент
E-mail: gvl@front.ru

**Пермский государственный национальный
исследовательский университет
Кафедра поисков и разведки полезных ископаемых**

Группировка методов поисков

А. Наземные методы

1. Метод геологической съемки

2. Поиски, основанные на изучении ореолов и потоков механического рассеяния

2.1. Обломочно-речной

2.2. Валунно-ледниковый

2.3. Шлиховой

3. Геохимические

3.1. Литохимический по первичным ореолам рассеяния

3.2. Литохимический по вторичным ореолам и потокам рассеяния

3.3. Гидрохимический

3.4. Атмохимический

3.5. Биогеохимический

4. Геофизические

5. Горно-буровые методы

6. Экзотические (геокинологический, биолокационный и т.п.)

Б. Дистанционные

В. Подводные методы (с надводных и подводных судов, аквалангистами и т.п.)

3.1. Наземные методы поисков

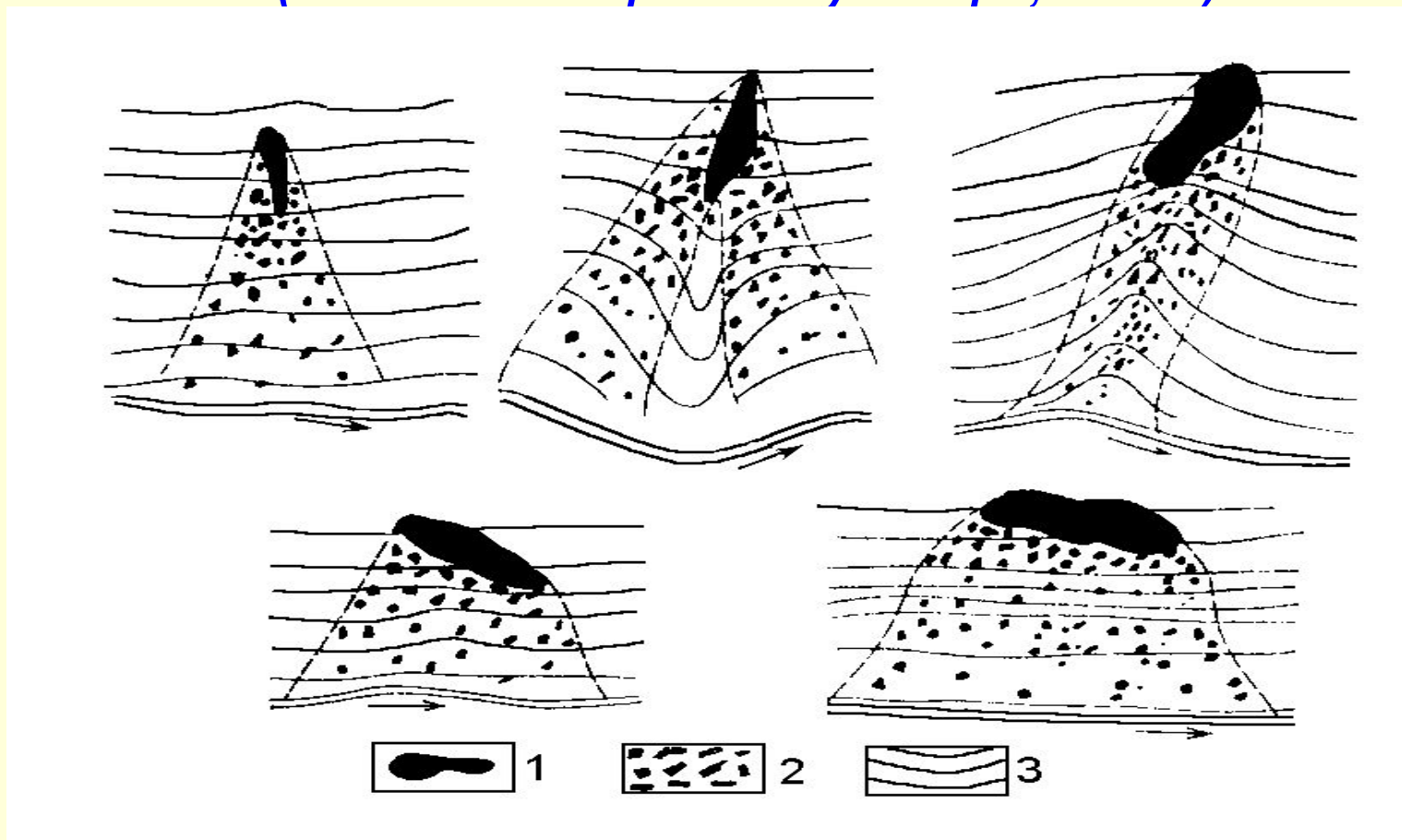
3.1.1. Геологическая съемка

- При геологической съемке производится площадное опоскование площади исследования.
- В процессе геологосъемочных работ **выявляются** :
 - 1) **поисковые предпосылки и признаки**,
 - 2) **закономерности размещения** полезных ископаемых,
 - 3) **степень перспективности** территории,
 - 4) **участки для постановки поисковых работ другими методами**.Материалы геологической съемки позволяют:
 - 5) **объективно интерпретировать** результаты поисков другими методами,
 - 6) **давать геологическую оценку перспектив** выявленных **объектов**.
- При проведении поисковых работ геологическая съемка ведется в масштабах 1:200000 – 1:10000. При средне- и крупномасштабных исследованиях другие методы поисков (геолого-минералогические, г/ф, г/х, дистанционные и др. методы, включая вскрытие горными выработками и скважинами и опробование) обычно подчинены геологической съемке и выполняются в составе единого проекта.
- **Кондиционность геологической карты** – соответствие ее содержания масштабу. Чем крупнее масштаб и сложнее геологическое строение, тем большее количество точек наблюдения требуется на единицу площади.
- При проведении геологосъемочных работ проводятся **специальные поисковые маршруты** с пересечением и прослеживанием минерализованных зон, изучением их геолого-структурных условий, вещественного состава и опробованием).
- В зависимости от конкретных условий могут проводиться **специальные геологические съемки** по изучению тектоники, стратиграфии, магматизма, метаморфизма, геоморфологии, вещественного состава залежей полезных ископаемых и рудовмещающих пород.

3.1.2.1. Обломочно-речной метод ПОИСКОВ

- Является одним из наиболее древних.
- Сущность заключается в выявлении и последовательном прослеживании устойчивых к выветриванию рудных обломков и сопровождающих метасоматитов от места их первой находки в аллювии до коренного источника.
- Положение обломков фиксируется на карте. При этом определяется размер, окатанность обломков, их количество.
- На близость коренного источника указывает увеличение количества рудных обломков, уменьшение их окатанности, появление обломков неустойчивых минералов и последующее достаточно резкое их исчезновение.
- Последующие исследования ведутся путем изучения пролювия и делювия. Картируется ореол механического рассеяния, в «голове» которого или несколько выше по склону производится вскрытие канавами или неглубокими шурфами. Выработки документируются и опробуются.
- На участке детализации могут быть применены и другие методы поисков.
- На основе полученных материалов делается геолого-экономическая оценка выявленного объекта и принимается решение о целесообразности проведения (прекращении) дальнейших исследований.

Схема строения делювиальных ореолов
рассеяния в зависимости от положения рудного
выхода в рельефе
(по В.И. Бирюкову и др., 1987)

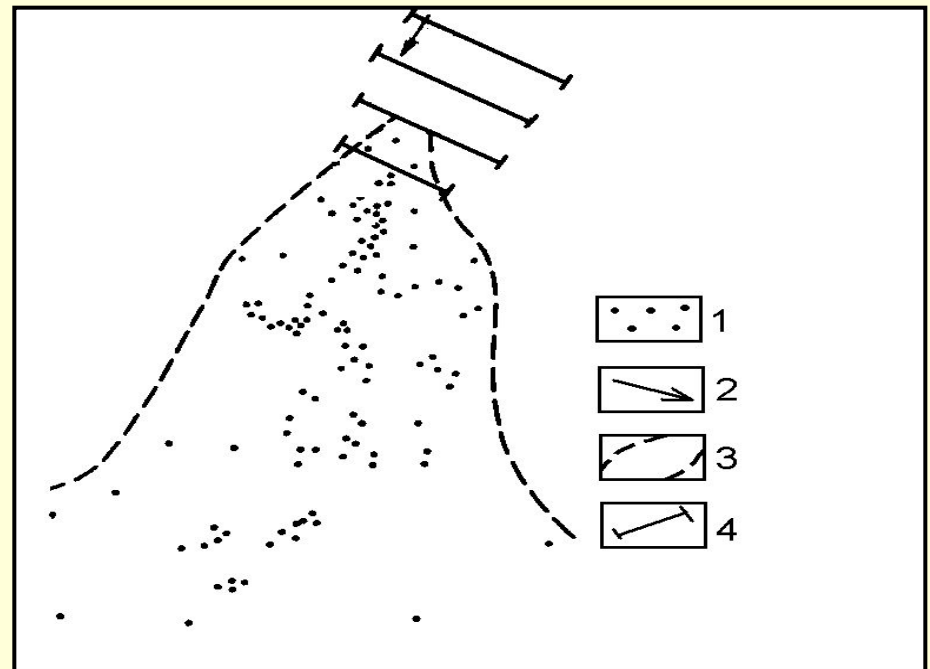


1 – рудное тело; 2 – ореол рассеяния; 3 - топогоризонталы

3.1.2.2. Валунно-ледниковый метод ПОИСКОВ

Основан на изучении ореолов механического рассеяния в ледниковых отложениях.

Ледник вспахивает и перемещает обломочный материал вместе с рудными обломками, образуя ореол рассеяния.

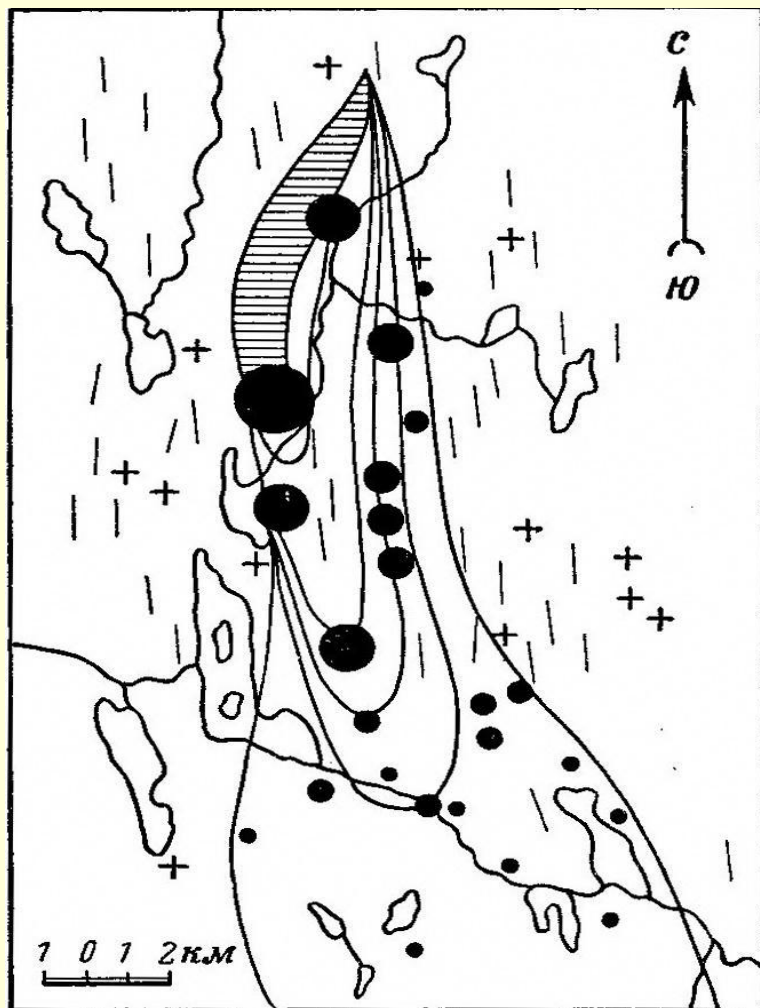


Валунно-ледниковый веер (по В.В. Аристову и др., 1989).

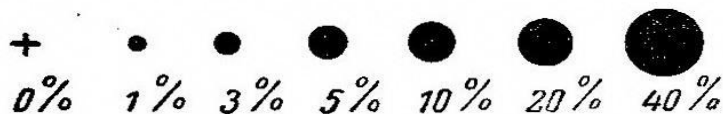
1 – ледниковые валуны с рудной вкраплениями; 2 – направление ледниковых штрихов; 3 – контур веера рассеяния ледниковых валунов; 4 - проектируемые поисковые линии

Строение ледникового ореола рассеяния

(по Магнусону)



Горизонтальной штриховкой показаны коренные породы;
+ - рудные валуны отсутствуют;
размер черных кружков отражает долю (в %) рудных обломков в точках наблюдения



Последовательность проведения работ

1. Основанием для проведения работ являются первые находки рудных валунов.
2. По ориентировке ледниковых шрамов, «бараньих лбов», озов, друмлинов устанавливается направление движения ледника.
3. Проходятся поисковые маршруты поперек движения ледника. Пункты обнаружения рудных обломков фиксируются на карте. В полевом дневнике приводится литолого-петрографическое описание рудных обломков и их спутников.
4. По крайним рудным обломкам оконтуривается ореол рассеяния.
5. С учетом формы ореола и геологических особенностей особенностей территории осуществляется вскрытие горными выработками и скважинами предполагаемого рудного тела, которое ожидается в «голове» ореола. Выработки документируются и опробуются.
6. На участке детализации могут быть применены и другие методы поисков (геохимические, геофизические).
7. На основе комплексной интерпретации дается геолого-экономическая оценка выявленного объекта и принимается решение о направлении (прекращении) дальнейших исследований.

3.1.2.3. Шлиховой метод поисков

- Метод основан на изучении шлиховых (доли мм - первые мм) ореолов рассеяния.
- Шлих – концентрат тяжелых минералов.
- К тяжелым (тяжелая фракция) относятся минералы, имеющие плотность $>2,89 \text{ г/см}^3$, что соответствует плотности трибромметана (бромформ). Минералы, имеющие меньшую плотность относятся к легким (легкая фракция).
- Метод используется при поисках коренных и россыпных месторождений, залежи которых сложены тяжелыми минералами, устойчивыми в водной среде (малорастворимыми и механически прочными).
- Метод широко применяется при поисках россыпных месторождений золота, платиноидов, олова, вольфрама, титана, циркония, тантала, ниобия, редкоземельных элементов, алмазов, ювелирных и ювелирно-поделочных камней и некоторых др. полезных ископаемых.
- Метод обогащения, используемый при обогащении шлихов, широко используется при поисках коренных месторождений (исследование протолок коренных пород и руд), при исследовании проб россыпных месторождений на стадии разведки, при шлихо-геохимических исследованиях (разновидность шлихового метода).

Основные операции шлихового метода поисков

1. Выбор сети опробования
2. Выбор пунктов опробования
3. Отбор проб
4. Обогащение проб (получение шлиха)
5. Полевая документация опробования
6. Анализ шлихов
7. Обобщение результатов опробования
8. Интерпретация результатов шлихового опробования и геолого-экономическая оценка выявленных объектов

1. Выбор сети шлихового опробования

- Плотность (густота) сети шлихового определяется масштабом поисковых работ.
- При средне- и крупномасштабных поисках ведется в основном опробование аллювиальных отложений.
- При детальном исследовании отбор проб ведется также из пролювия, делювия и элювия. Пробы отбираются по профилям.

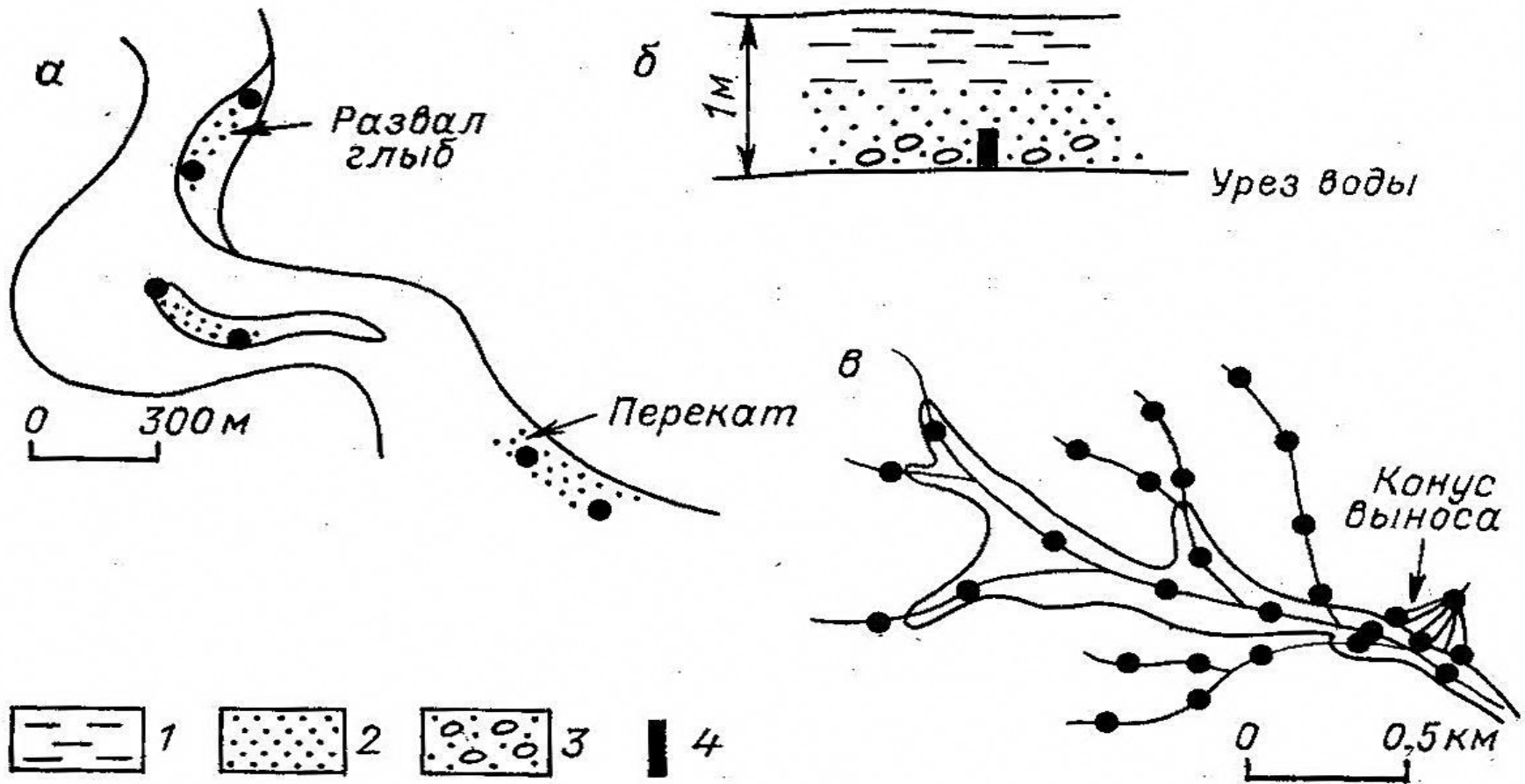
Масштаб поисков	Расстояние между пробами, м	Количество проб на 1 км ²
1:50000	200 – 500	1 – 5
1:25000	100 – 200	25 -100
1:10000	50 – 100	120 – 250
1:5000	25 – 50	250 – 500
1:2000	10 - 25	500 и более

2. Выбор пунктов отбора шлиховых проб

- Выбор места отбора проб определяется:
 - 1) целевым назначением работ,
 - 2) масштабом поисков,
 - 3) геоморфологическими особенностями территории,
 - 4) ожидаемой концентрацией ценных минералов,
 - 5) закономерностями размещения концентраций минералов в вертикальном разрезе и по латерали.
- При поисках минералов, не дающих высокие концентрации, на первых этапах важно установить факт их наличия в рыхлых отложениях. Поэтому отбор проб осуществляют из частей наиболее обогащенных ими: участки замедления течения, завихрения потока, расширения русла, за выступами крутых берегов, ниже крутых поворотов, на участках резкой смены продольного профиля, ниже порогов, перекатов, в головах кос и т.д.
- Эти участки характеризуются изменением динамики водных потоков, что и обеспечивает осаждение тяжелых минералов.
- Обязательно должны быть отобраны пробы выше и ниже впадения притоков.

Схема отбора проб по молодой гидросети

(Полевая геология, 1989)



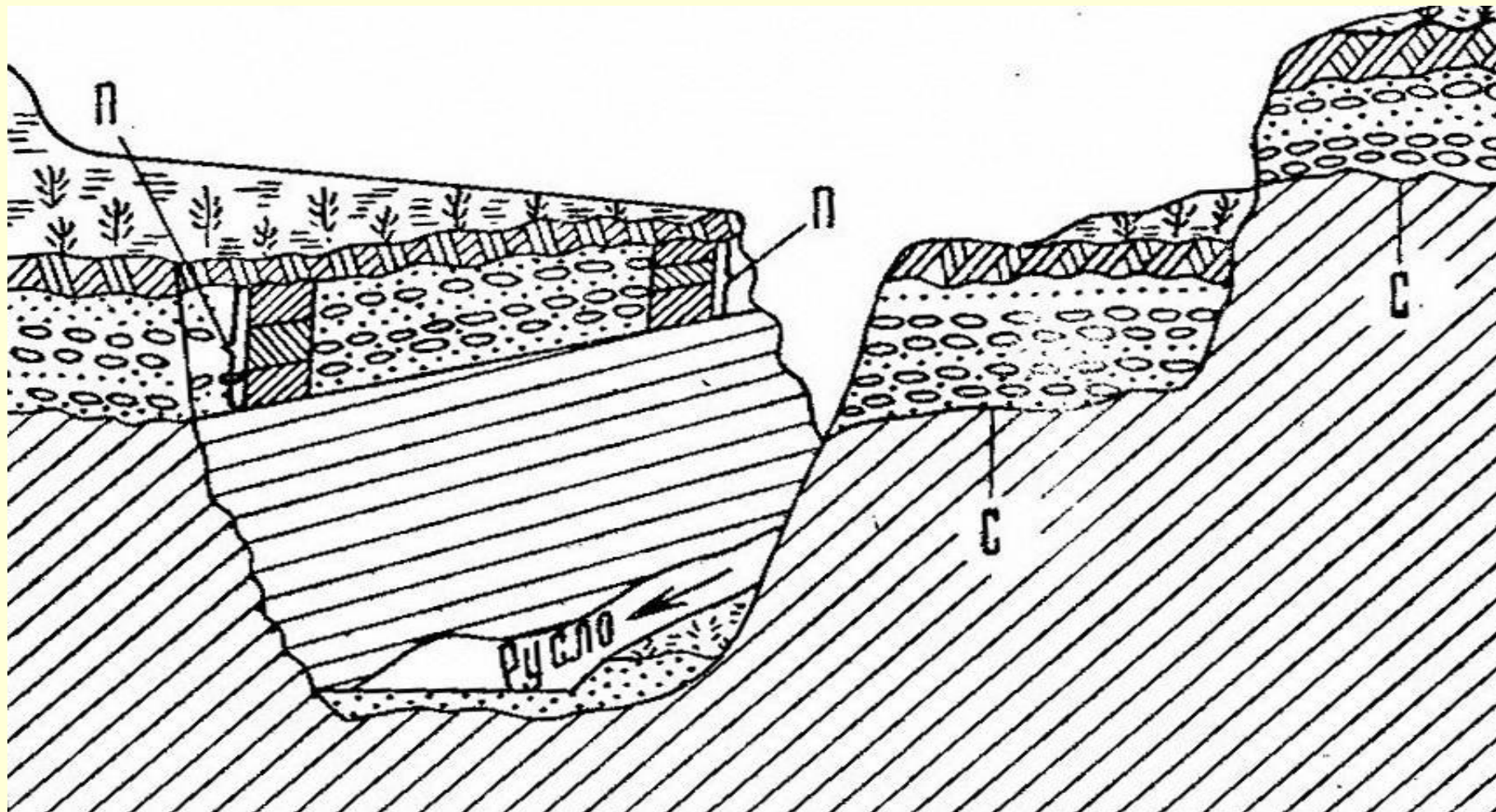
а, б – места отбора русловых проб; в – места отбора проб по гидросети. 1 – глины; 2 – пески; 3 – пески с галькой; 4 – место отбора пробы

3. Отбор шлиховых проб

- Для отбора проб проходятся легкие **горные выработки**: закопушки, канавы, шурфы. Применяются также колонковые **скважины** и скважины УКБ.
- Отбор проб в горных выработках производится валовым или бороздовым способом. Скважины опробуются секционнo: по керну или путем желонирования.
- **При валовом способе** весь материал проходки выработки направляется в пробу. Для изучения распределения минералов в вертикальном разрезе (оконтуривания залежи при оценочных и разведочных работах) применяют секционнoе опробование шурфов «двадцатками».
- **Бороздовый способ** применяется при опробовании обнажений или горных выработок. Борозда имеет форму четырехгранной призмы с поперечным сечением: ширина 15x20 см, глубина до 10 см. Длина проб 1-2 м. Борозды ориентируют перпендикулярно слоистости.
- Отбор проб осуществляется с помощью лопаты или специального скребка (гребка).
- Стандартный объем проб 20 л (30-32 кг). Замер объема проб осуществляется с помощью мерного ящика (ендовки), имеющего мерную риску.

Схема отбора шлиховых проб в обрыве террасы

(по Е.О. Погребицкому и др., 1977)



С – контакт террасовых отложений с коренными породами («плотик» или «спай»); П - пробы

4. Обогащение шлиховых проб

- Обогащение проб производится с целью получения концентратов тяжелых минералов.
- Обогащение ведется с помощью специальных лотков, ковшей, винтовых шлюзов, сепараторов и др.
- Основные операции:
 - 1) пробуторка пробы (удаление глинистой фракции, галек, валунов, отделение мелкообломочного материала грохочением или разделением на гранулометрические фракции с помощью шейкера);
 - 2) промывка;
 - 3) доводка до «серого» шлиха.
- «Серый» шлик подвергается сушке и помещается в бумажную капсулу.

Отделение мелкообломочного материала на щелевом грохоте (по Б.М. Осовецкому, 2009)



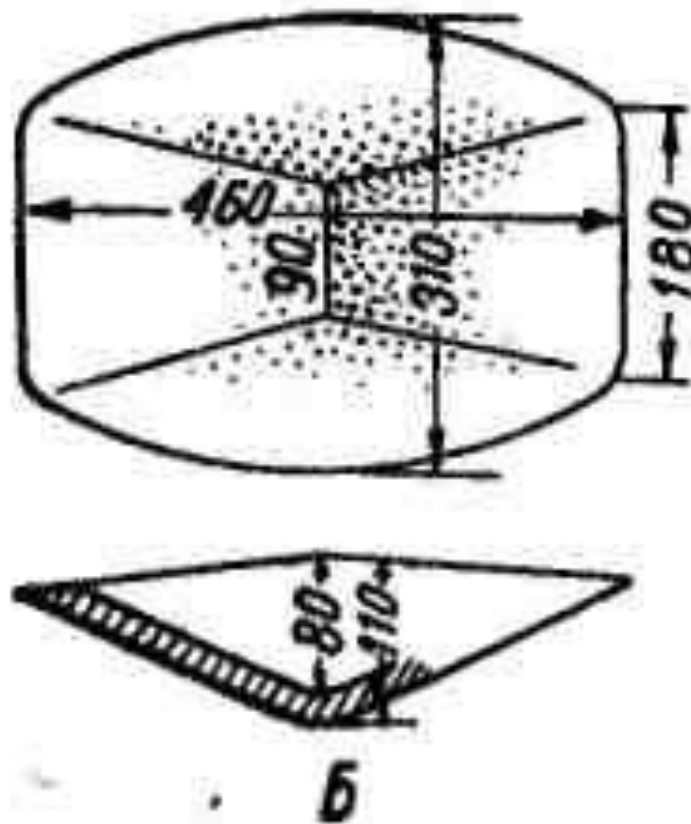
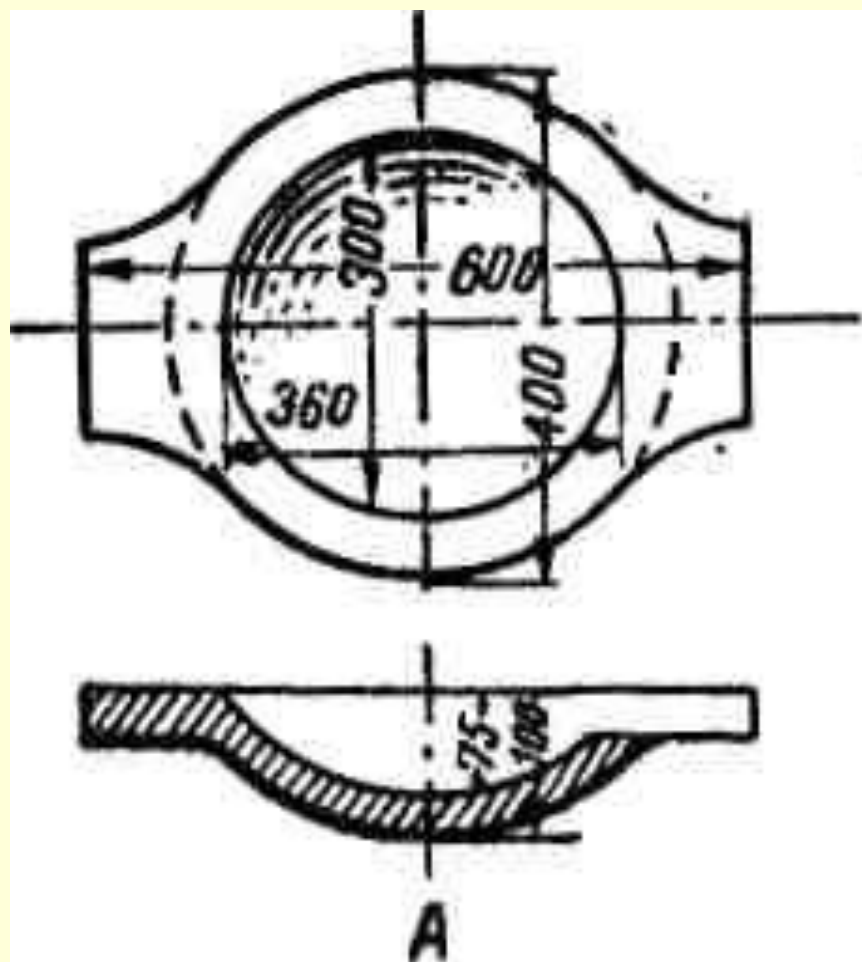
Шейкер

(westafgeo.com/technique/html)



Шейкер – грохот с ручным приводом, представляет собой набор сит размером: 50-60х70-80 см с высотой бортов 15 см и диаметром ячеек: 8; 4; 2; 1(0,5) мм.

Лоток сибирский (А) и лоток корейский (Б)



Промывка шлиховых проб в ковшах (www.triamaх.ru)

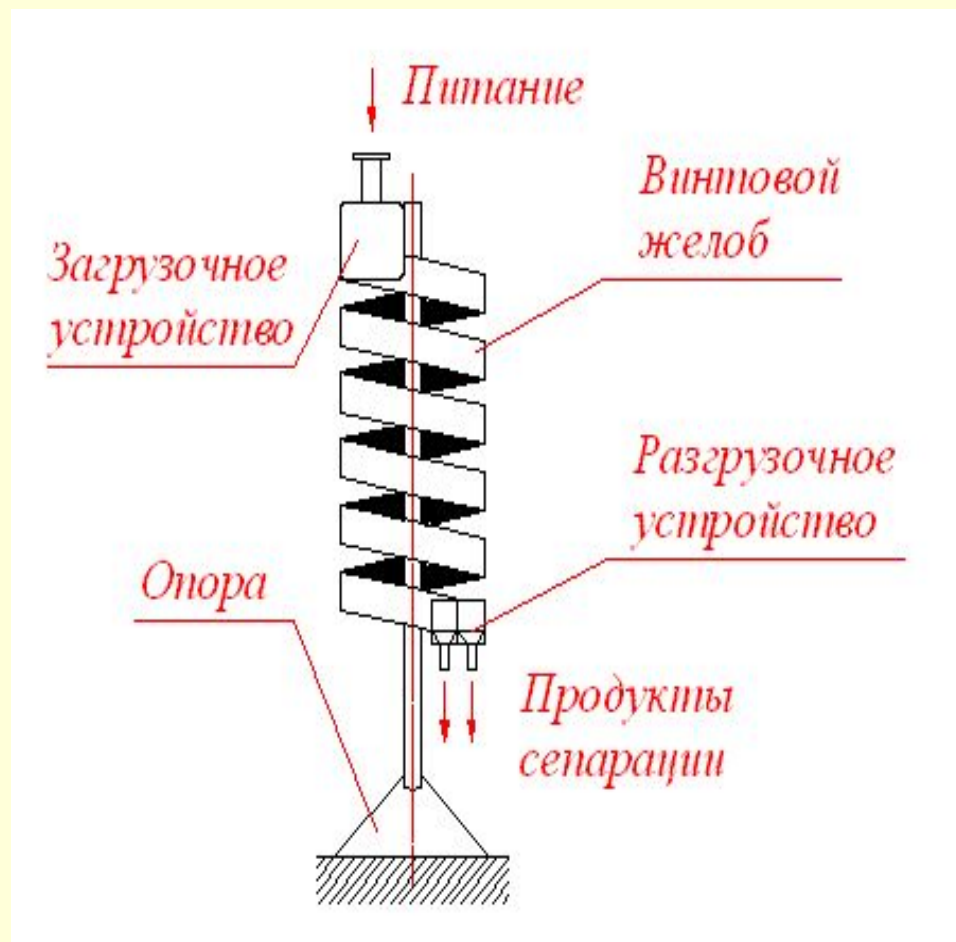
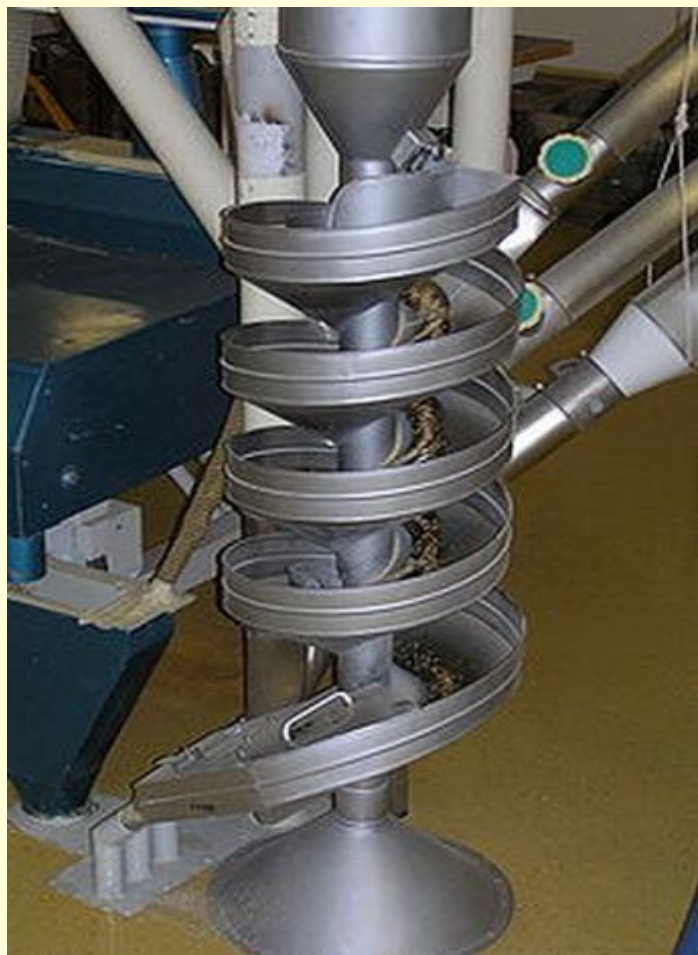


Доводка до «серого» шлиха



Винтовой сепаратор (ru.wikipedia.org)

Слева – общий вид, справа – схема строения



Обогащение мелкообломочного материала на винтовом шлюзе (по Б.М. Осовецкому, 2009)



5. Полевая документация шлихового опробования

Полевая документация включает в себя:

- 1) **изображение** пунктов отбора проб **на карте** (составление карты шлихового опробования);
- 2) **описание в полевой книжке** (геоморфологическая характеристика, возраст отложений, фация, характер долины, крупность материала, литолого-петрографический состав, степень сортировки, окатанность, глинистость, выход шлиха и его состав, присутствие полезных минералов и др.).
- 3) **заполнение журнала** шлихового опробования.

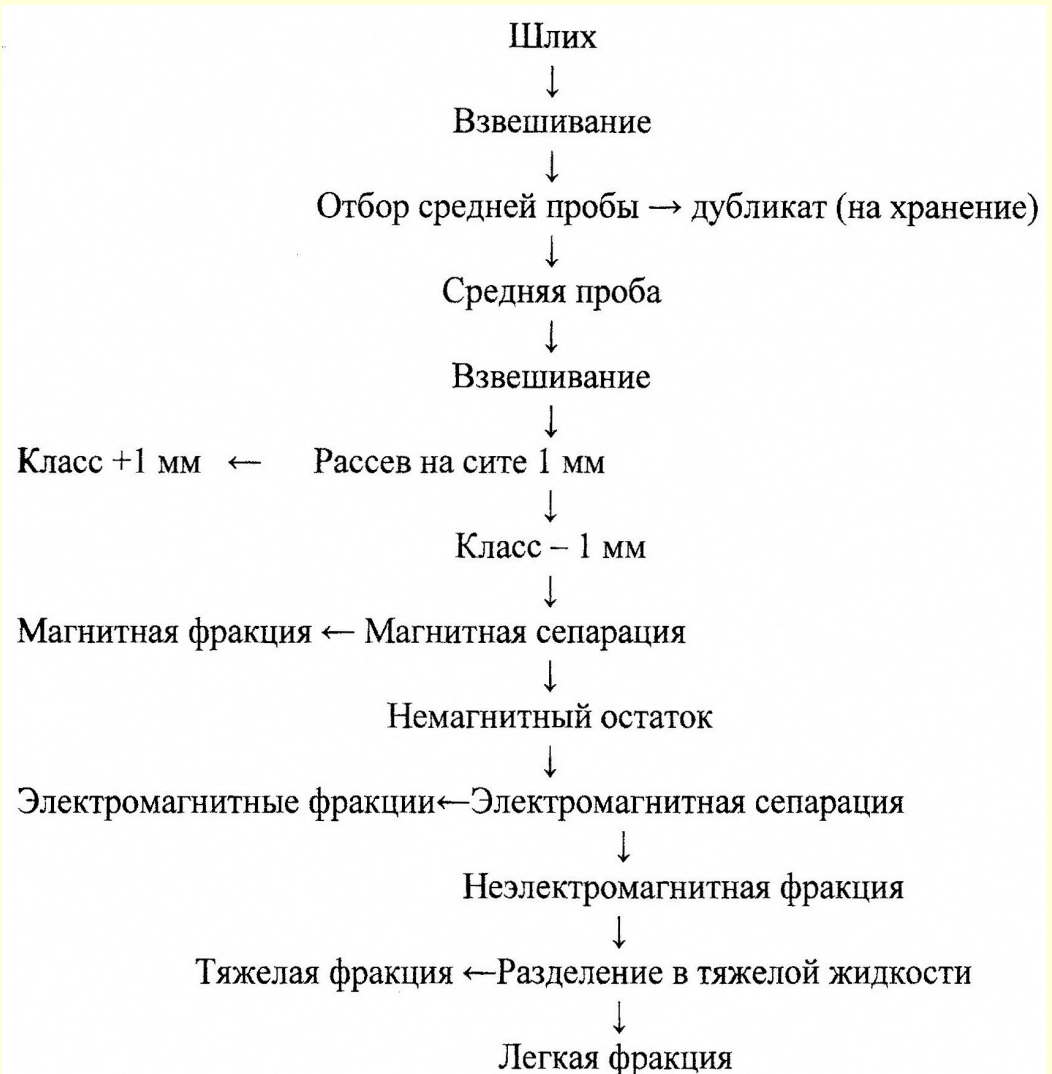
Форма журнала шлихового опробования

№ п.п.	Дата отбора пробы	Место отбора	Количество промытой породы, кг (м ³)	Характер промытого материала	Минералогический состав шлиха (полевое определение)	Литолого-петрографический состав галек и валунов	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8

6. Анализ шлихов

Типовая схема лабораторной обработки «серого» шлиха

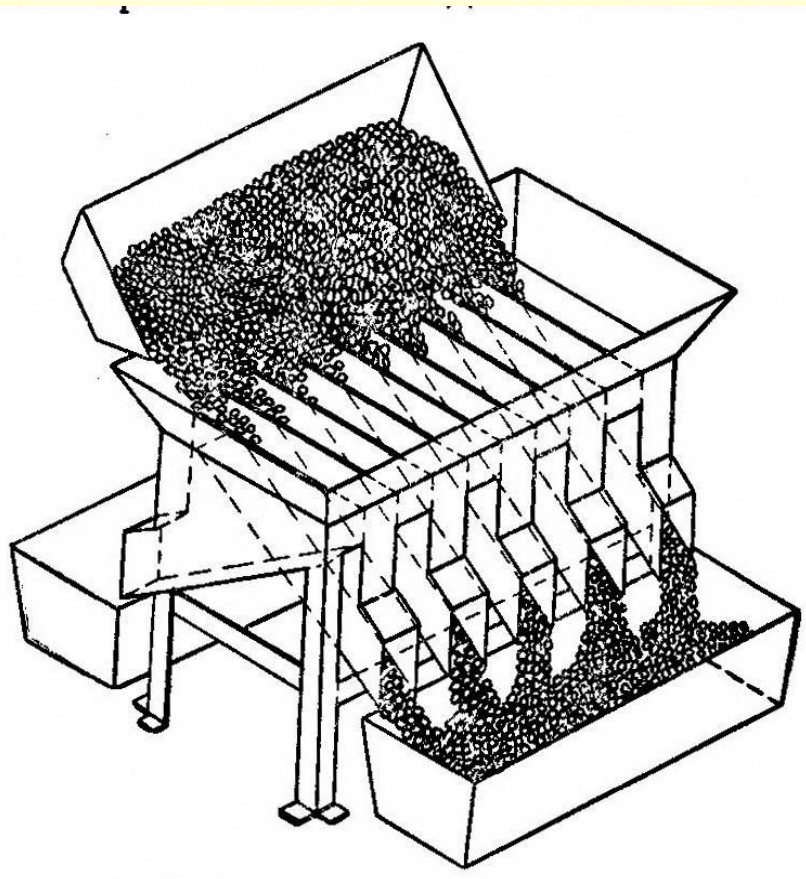
- «Серые» шлихи (концентраты шлюзов) перед исследованием подвергаются фракционированию.
- Отбор средней пробы производится делителем Джонса или способом квартования.
- Магнитная сепарация осуществляется с помощью постоянных магнитов; электромагнитная сепарация – с помощью электромагнитов; разделение на легкую и тяжелую фракции – в тяжелых жидкостях (обычно в бромформе). Каждая фракция может подвергаться севу для получения гранулометрических фракций.
- Все фракции обязательно взвешиваются.



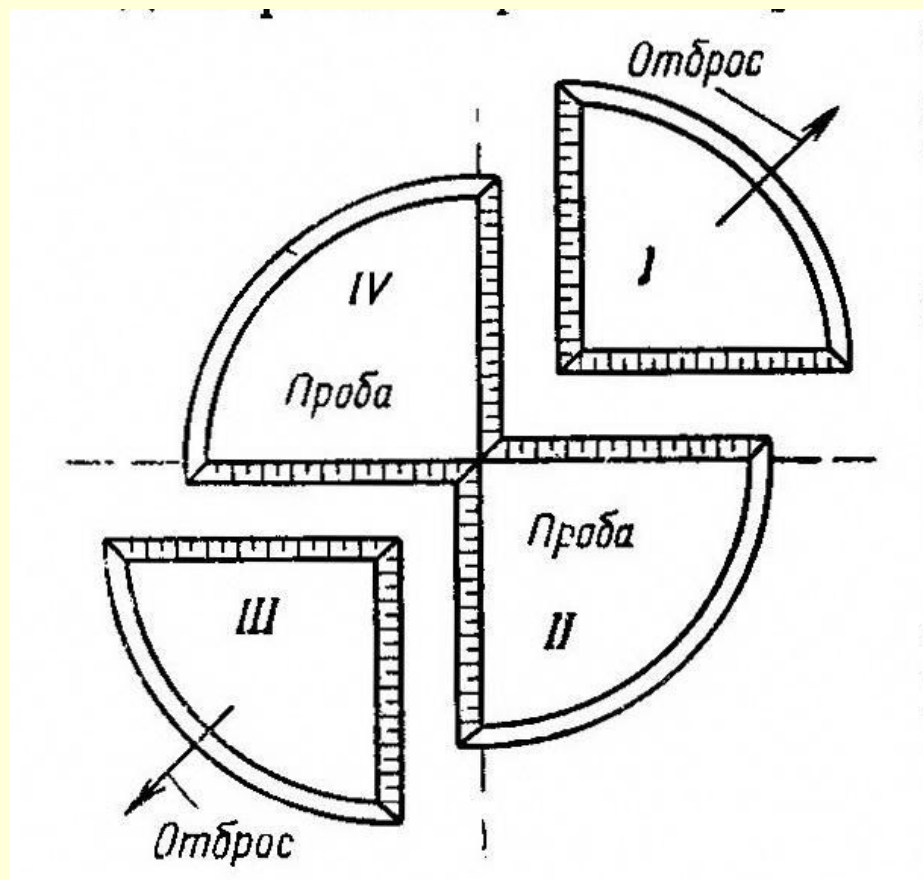
Отбор средней (представительной) пробы

Производится для сокращения объема изучаемой части шлиха

Делитель Джонса



Способ квартования



Минеральный состав различных фракций шлиха

Магнитная	Электромагнитная			Неэлектромагнитная	
	сильно-	средне-	слабо-	тяжелая	легкая
Магнетит	Гематит	Гиперстен	Тремолит	Циркон	Кварц
Пирротин	Ильменит	Ставролит	Энстатит	Рутил	Плагиоклазы
Ферроплатина	Альмандин	Гидрогетит	Пирролюзит	Дистен	Калиевые полевые шпаты
Феррит	Хромит	Эпидот	Диопсид	Лейкоксен	Мусковит
Самородное железо	Гетит	Актинолит	Железистый рутил	Золото	Кальцит
Сростки с магнетитом	Геденбергит	Эгирин	Титанит	Алмаз	Берилл
	Роговая обманка	Платиноиды	Клиноцоизит	Самородная медь	Серпентин
	Авгит	Биотит	Монацит	Силлиманит	Графит
	Фаялит		Турмалин	Андалузит	Опал
			Шпинель	Корунд	
				Топаз	
				Апатит	
				Барит	
				Флюорит	
				Цоизит	

Диагностика шлиховых минералов и количественный минералогический анализ

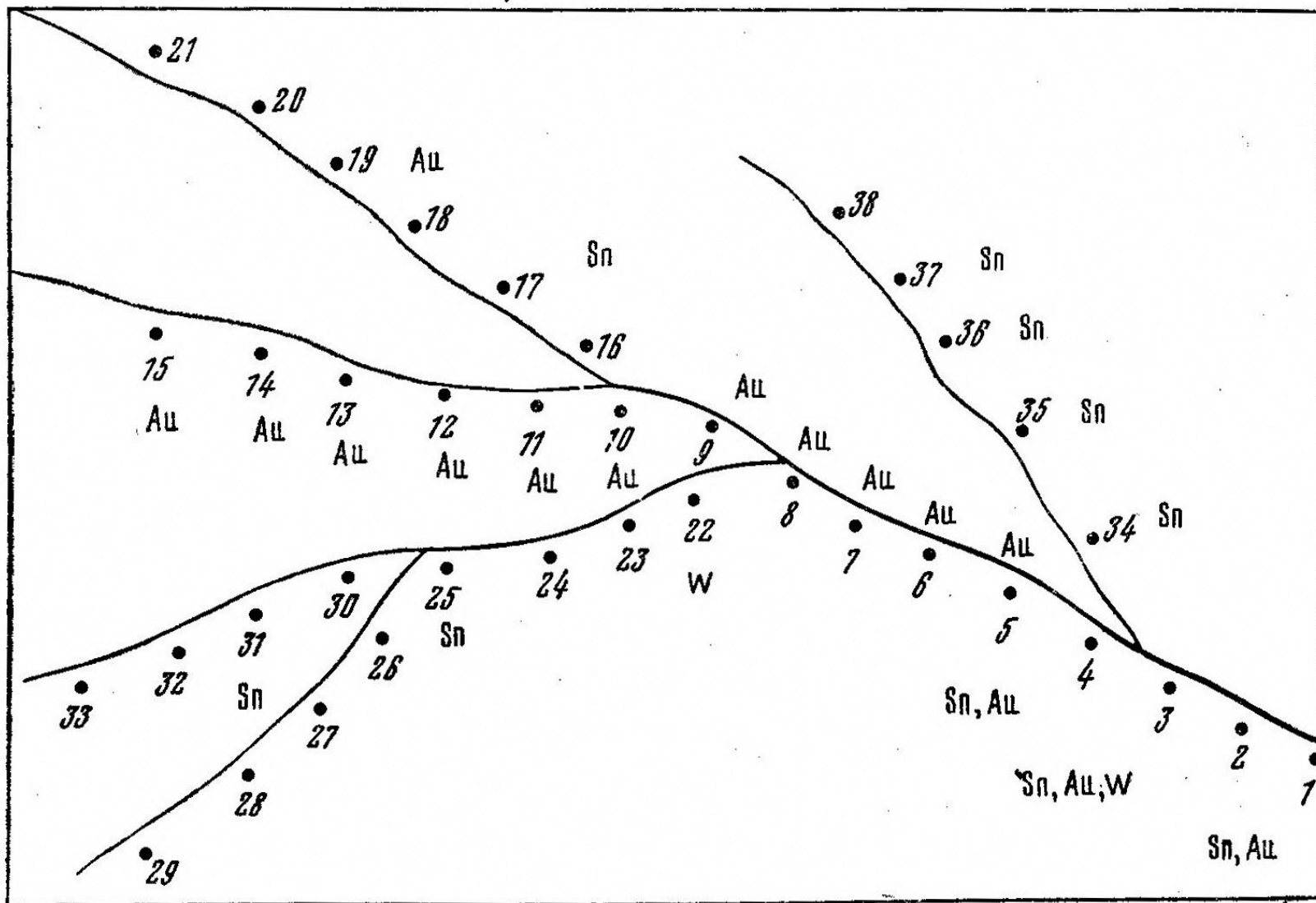
- **Диагностика** минералов осуществляется **следующими методами**: микроскопический, иммерсионный, качественных и пленочных химических реакций, люминесцентный, радиометрический, рентгеноструктурный, термический, количественный спектральный, микрозондовый, определение плотности и др.
- **Количественный анализ** производится путем выделения **представительной выборки** зерен (обычно 500-1000). В зависимости от задач исследования может производиться анализ шлихов:
 - **полный** (диагностика всех зерен в выборке и их количественная оценка);
 - **неполный** (определение только россыпеобразующих минералов: полезных минералов и минералов-спутников).
- На основе пересчетов с учетом массы исходной пробы определяется **содержание минерала в г/м³, мг/м³, кар/м³** (реже в масс. или объемн. %).
- При поисках в качестве количественной характеристики часто используют единицу: количество знаков в пробе. Знак (ЗН) – зерно минерала независимо от его размера.

7. Обобщение результатов опробования

- Обобщение материалов шлихового опробования проводится **статистическими и графическими методами**.
- Статистическая обработка включает в себя **расчеты стандартных статистик распределения и связи**: среднее, среднеквадратическое отклонение, дисперсия, асимметрия, эксцесс, коэффициент вариации, коэффициент корреляции, уравнение регрессии. Строятся гистограммы и графики распределения содержаний минералов, гранулометрического состава и др.
- **Графическое обобщение** материалов заключается в построении разнообразных **карт**: выхода тяжелой фракции, точечных, кружковых, ленточных шлиховых карт, карт в изолиниях содержаний. По отдельным водотокам, а также скважинам и горным выработкам строятся **графики изменения содержаний минералов, их свойств** и др.

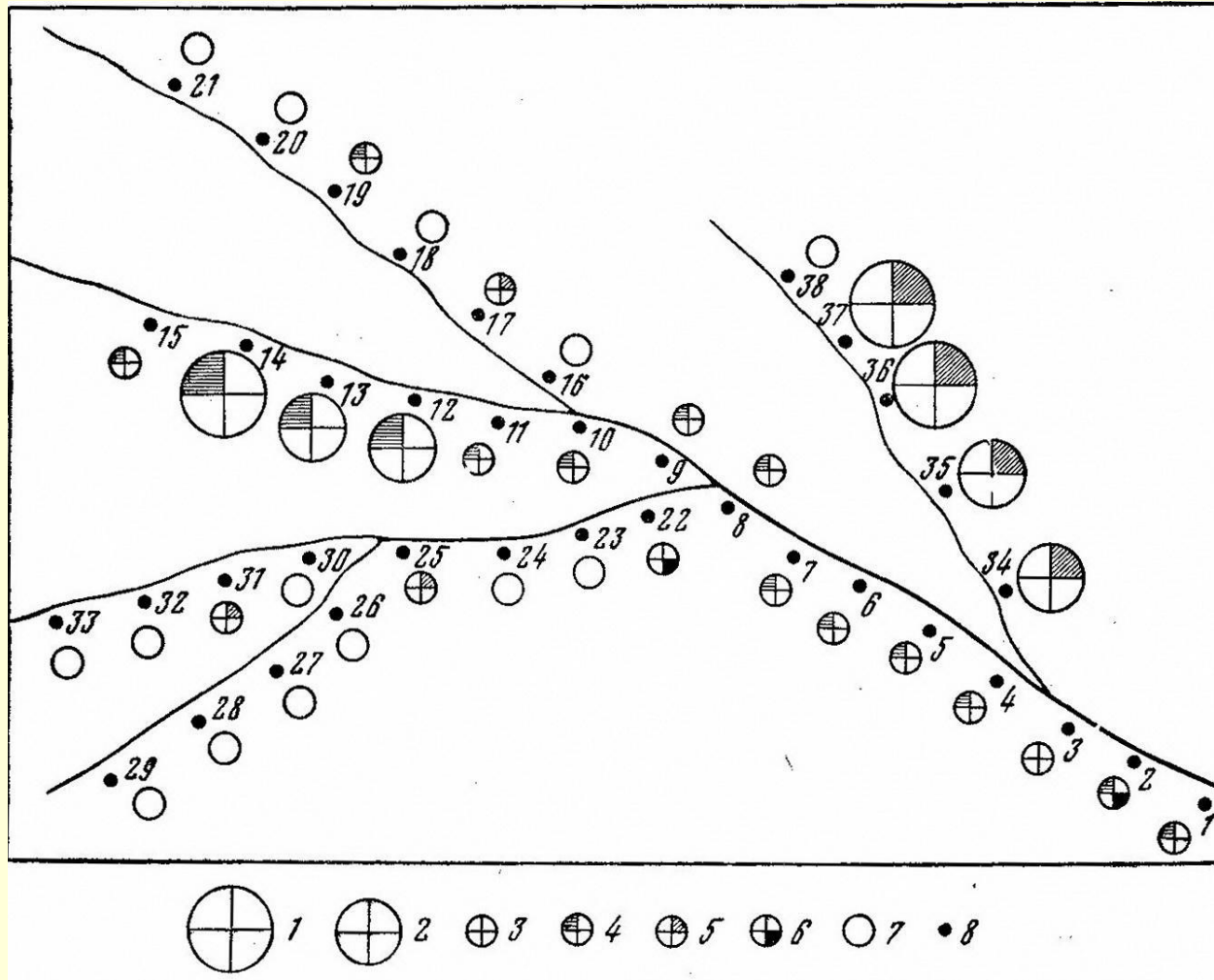
Точечная шлиховая карта

(по Е.О. Погребницкому и др., 1977)



Кружковая шлиховая карта

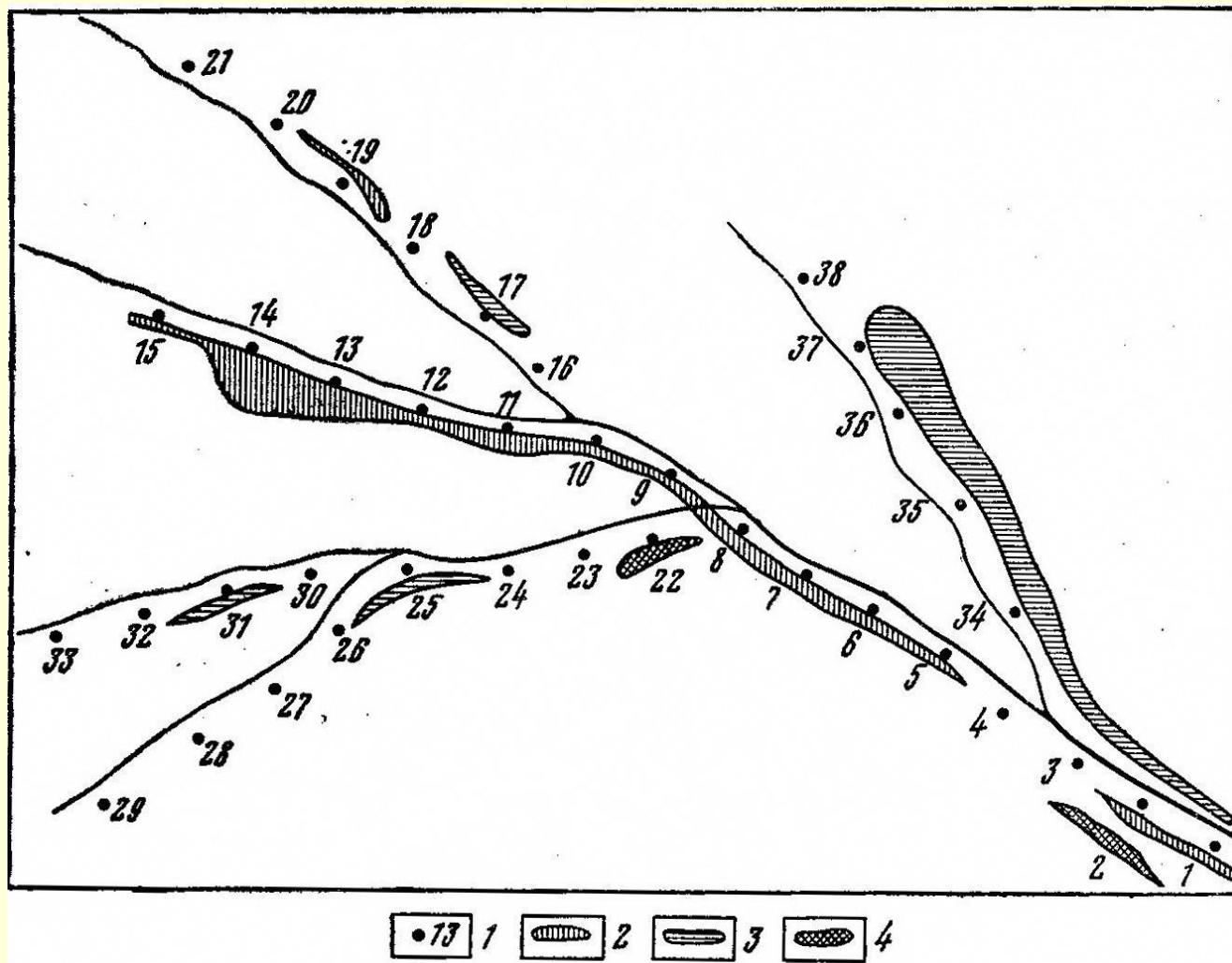
(по Е.О. Погребицкому и др., 1977)



1 — много минерала; 2 — среднее количество минерала; 3 — мало минерала; 4 — золото; 5 — касситерит; 6 — шеелит; 7 — шлиховые минералы отсутствуют; 8 — место взятия проб

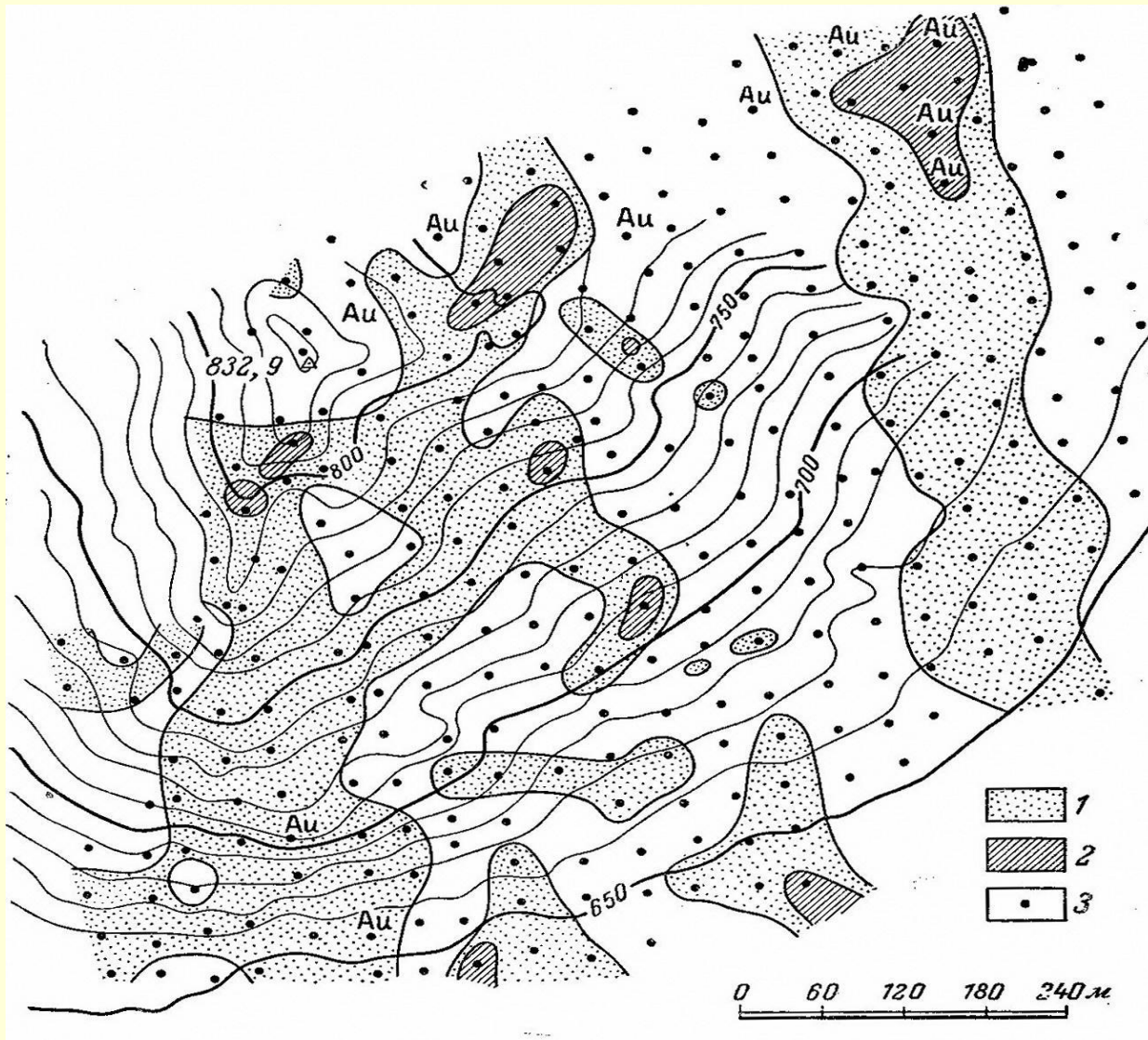
Ленточная шлиховая карта

(по Е.О. Погребицкому и др., 1977)



Шлиховая карта в изолиниях

(по Н.Н. Трофимову)

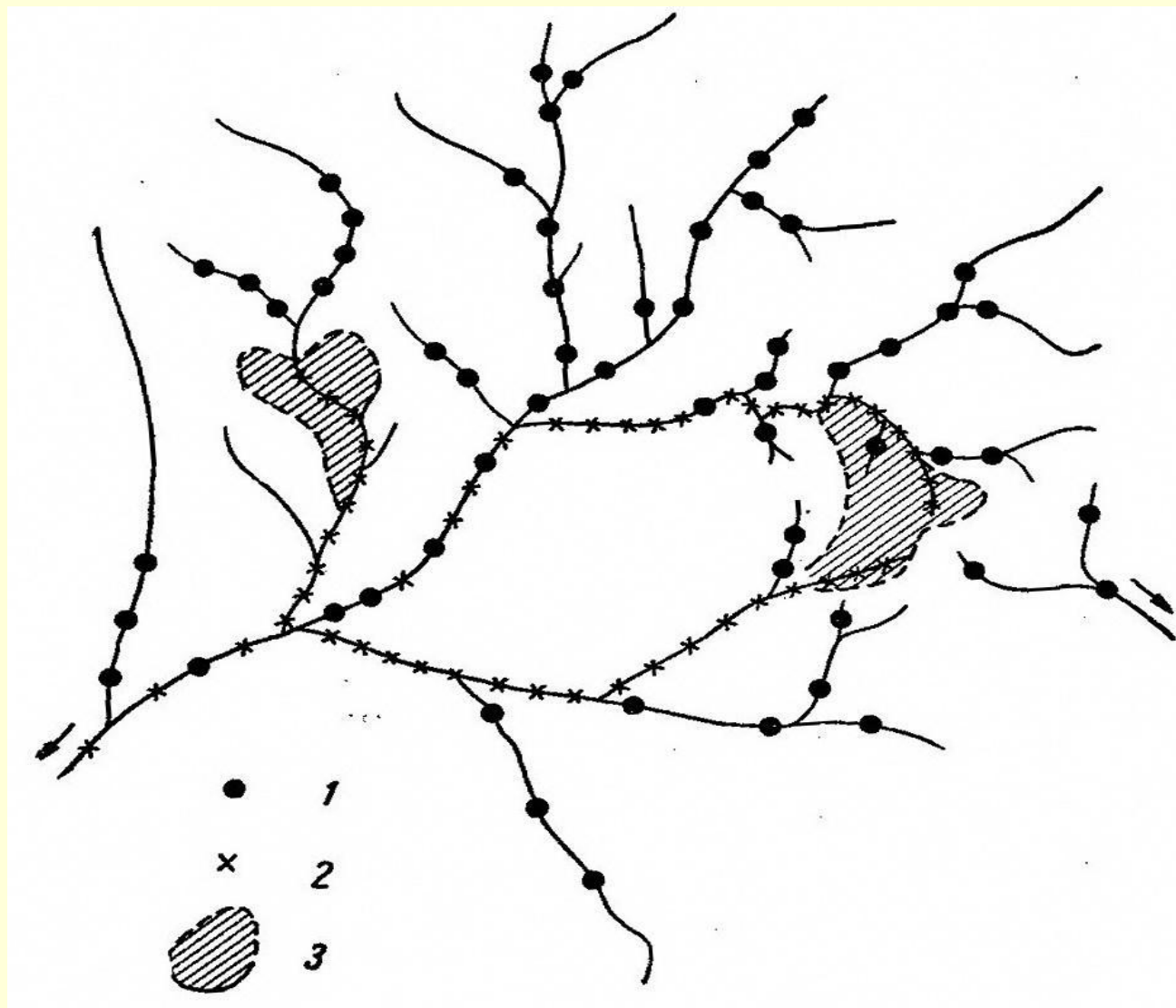


- 1 – содержание шеелита от единичных знаков до 0,00001%;
- 2 – содержание шеелита от 0,00001 до 0,0001%;
- 3 – места отбора шлиховых проб;
- Au – единичные знаки золота

8. Интерпретация результатов шлихового опробования и геолого-экономическая оценка выявленных объектов

- Результаты статистических и графических обобщений материалов шлихового опробования должны получить геологическую интерпретацию.
- Следует иметь в виду, что материалам шлиховых поисков **могут быть выявлены два типа объектов: россыпные и коренные**
- Выявленные шлихоминералогические аномалии должны быть объяснены с точки зрения причинной обусловленности: **источники питания, ожидаемый геолого-промышленный тип коренного оруденения, критерии прогнозирования и т.п.** Для этого ведется сопоставление материалов геологической съемки и шлихового опробования. Минеральные ассоциации шлихов, включая минералы-спутники, позволяют целенаправленно вести поиски коренных объектов.
- Для аномалий **определяются прогнозные ресурсы** полезного ископаемого с использованием районных или браковочных кондиций. Для перспективных объектов по укрупненным показателям рассчитываются экономические показатели эксплуатации. На основе этих данных осуществляется **разбраковка аномалий, выбор наиболее перспективных, принимается решение о направлении (или прекращении) дальнейших исследований.**

Выявленные участки возможного нахождения делювиальных россыпей (по Д.В. Воскресенскому)



- 1 – пустые пробы;
- 2 – пробы, содержащие полезные минералы в шлихах;
- 3 – площади, к которым приурочены коренные месторождения

Шлихогеохимический метод как разновидность шлихового метода поисков

- Эффективность и информативность шлихового метода может быть существенно повышена, если **шлих** в целом **или** его **отдельные фракции** **подвергаются химическому анализу** (обычно используется приближенно-количественный или атомно-абсорбционный методы).

Протолочно-шлиховой метод – разновидность шлихового метода поисков

- Метод основан на изучении ореолов рассеяния акцессорных минералов тяжелой фракции коренных горных пород.
- В зависимости от целевого назначения и содержания минералов тяжелой фракции отбираются пробы из коренных пород массой 2-3 ÷ 10-15 кг.
- Обработка проб ведется с помощью дробильных механизмов (щековые, валковые дробилки). В результате должен быть получен материал крупностью не более 1-2 мм.
- Обогащение ведется путем промывки в лотках или с помощью винтовых шлюзов (сепараторов).
- Полученные шлихи подвергаются фракционированию (аналогичному при изучении рыхлых отложений) с последующим количественным определением минерального состава.
- Результаты количественно-минералогического изучения протолочек являются основой для обобщения и интерпретации полученной информации.

3.1.3. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ

Группировка геохимических методов поисков

1. Литохимический по первичным ореолам рассеяния
2. Литохимический по вторичным ореолам и потокам рассеяния
3. Литохимический по потокам рассеяния
4. Гидрохимический
5. Атмохимический
6. Биогеохимический

Работы должны вестись в соответствии с действующим нормативным документом:

Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений / М-во геологии СССР. – М.: Недра, 1983. 191 с.

3.1.3.1. Литохимический по первичным ореолам рассеяния

Сущность метода заключается в выявлении повышенных концентраций элементов-индикаторов оруденения и их спутников в коренных породах.

Условия применения. Площадные исследования данным методом возможны лишь на участках с хорошей обнаженностью, при небольшой мощности рыхлых отложений, позволяющей осуществлять отбор проб с применением легких выработок (расчистки, закопушки).

- Все горные выработки и скважины должны быть подвергнуты опробованию.

Сеть наблюдения определяется масштабом исследования. При средне- и крупномасштабном изучении территории отбор проб обычно осуществляется во время геологосъемочных маршрутов. При детальном исследовании масштаба 1:100000 и крупнее организуется специальный отбор проб по профилям, которые ориентируются вкрест простирания основных геологических структур.

- **Сеть** отбора проб, как правило, **неравномерная**: расстояние между маршрутами и профилями в 5-10 раз больше, чем расстояние между пробами. Это обусловлено пространственной анизотропией геологических структур и геохимических полей, заключающейся в том, что изменчивость по простиранию меньше изменчивости вкрест простирания.

Густота сети опробования при литохимическом методе по первичным ореолам рассеяния

Масштаб поисков	Расстояние между маршрутами или профилями, м	Расстояние между пробами, м	Количество проб на 1 км ²
1:50000	500	50	40
1:25000	250	20-40	100-200
1:10000	100	10-20	500-1000
1:5000	50	10	2000
1:2000	20	5	10000

Отбор проб и полевая документация

- Отбор проб на обнажениях, в горных выработках и скважинах производится **методом пунктирной борозды** путем отбойки 8-10 сколков размером 2-3 см на одинаковом расстоянии друг от друга. Отобранные кусочки объединяют в одну пробу по каждому интервалу (5-10 м).
- Нельзя объединять в одну пробу материал, характеризующийся различным составом пород.
- **Опробование должно быть сплошным** (пробы должны примыкать одна к другой).
- **Масса** пробы **150-200 г**.
- При низком выходе керна опробуется шлам.
- При бурении с промывкой следует учитывать состав глинистого раствора и возможность избирательного разрушения керна.
- Отбор проб обязательно сопровождается **геологической** документацией, включающей фиксацию пункта отбора на карте и в полевом журнале.

Обработка и анализ проб

- Обработка проб включает в себя следующие операции:
 - 1) **дробление** в щековых дробилках до крупности менее **5 мм**;
 - 2) **измельчение** в валковых дробилках до крупности менее **1 мм**;
 - 3) **перемешивание** по способу кольца и конуса и **сокращение** способом квартования до 50-100 г;
 - 4) **истирание** на дисковых, вибрационных и др. истирателях до **0,1-0,07 мм**;
 - 5) разделение квартованием **на пробу**, направляемую на анализ, и **дубликат**.
- Капсулы с пробами вместе с сопровождающей ведомостью направляются в лабораторию для производства анализов.
- **Пробы анализируются приближенно-количественным спектральным методом на следующие элементы: Be, B, P, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, Sb, Ba, La,, W, Pb, Bi.** Некоторые химические элементы, чувствительность определения которых этим методом недостаточна (U, Au, Hg, Rb, J, F) при необходимости анализируются другими методами.
- **По мере детализации исследований перечень определяемых элементов-индикаторов сокращается.** Оставляются только наиболее информативные.

Обобщение информации

- Обобщение информации ведется **статистическими и графическими методами на ЭВМ** с применением стандартных программ .
- Статистическая обработка включает **определение фонового и минимально аномального содержания**; стандартных статистик распределения и связи элементов: среднее, среднеквадратическое отклонение, дисперсия, асимметрия, эксцесс, коэффициент вариации, коэффициент корреляции, уравнение регрессии.
- **Графическая обработка**: построение графиков изменения содержаний по выработкам, профилям, планов, карт и разрезов в изолиниях содержаний элементов. Строятся моноэлементные и полиэлементные графики, планы и карты в изолиниях содержаний.

Моноэлементные – это графические документы, на которых показано изменение концентрации одного элемента.

На **полиэлементных графических документах** изображаются геохимические поля комплексных характеристик, определенных путем сложения, умножения, деления.

Геохимический фон и геохимическая аномалия

- **Геохимический фон (C_{ϕ})** – местное **среднее содержание** химического элемента в горных породах, почвах, природных водах, приземной атмосфере и растениях **за пределами месторождений и проявлений** полезных ископаемых.
- C_{ϕ} соответствует преобладающим относительно низким и устойчивым содержаниям элемента в пробах, отобранных на участках маршрутов и профилей заведомо удаленных от геохимических аномалий. Определяется как среднее по 100-250 пробам.
- **Геохимическая аномалия** – **участок** земной коры или поверхности, отличающийся **существенно повышенными концентрациями** каких-либо **элементов** или их соединений по сравнению с фоновыми.
- Для выделения одиночных аномалий элементов, имеющих нормальное распределение частот, **минимально аномальное содержание (C_a) определяется по формуле:**

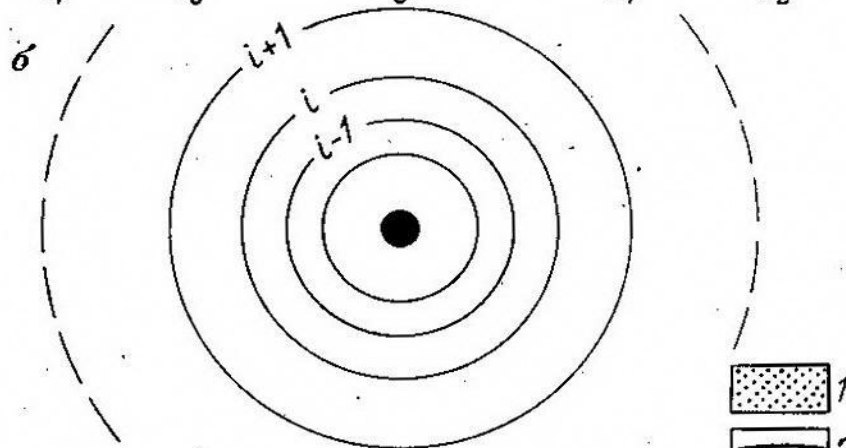
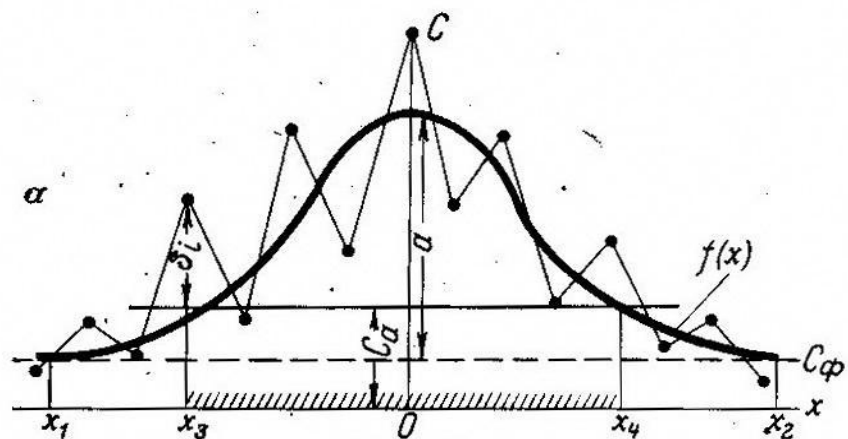
$$C_a = C_{\phi} + 3S,$$

где S – выборочный стандарт (среднеквадратическое отклонение).

- **Элементы, концентрации которых близки к фоновым**, из дальнейшей обработки следует **исключить** по причине малой информативности.

Плоский ореол рассеяния вещества (б) и его сечение (а) по профилю (в)

(по В.Ф. Мягкову, 1984)



- 1 – рыхлые образования;
- 2 – точки опробования;
- 3 – выход рудного тела под наносами;
- $f(x)$ – регулярная компонента поля;
- δ_i – случайная компонента поля;
- C_{ϕ} – предел рассеяния вещества (фоновое содержание);
- C_a – минимально аномальное содержание

Полиэлементные геохимические поля

- Первоначально на основе анализа матрицы коэффициентов корреляции следует выявить **парагенетические ассоциации** элементов. В ассоциацию включаются элементы, имеющие между собой статистически значимые положительные связи (**коэффициенты корреляции >0**).
- Типоморфной называется парагенетическая ассоциация, в которую входят основные элементы, определяющие вид ожидаемого оруденения.
- **Полиэлементные поля:**
 - аддитивные,
 - мультипликативные.
 - отношений,
 - коэффициентов корреляции.
- **Аддитивные поля** – это поля сумм содержаний элементов. Например, **поле суммы содержаний** $Cu+Zn+Pb+Ag+Cd$.
- **Мультипликативные поля** – это поля произведений содержаний элементов. Например, **поле произведений содержаний** $Cu \cdot Zn \cdot Pb \cdot Ag \cdot Cd$.
- **Методы** аддитивных и мультипликативных полей применяются **для повышения надежности** оценки полиэлементных аномалий. Для исключения искажающего влияния уровня концентраций отдельных элементов и повышения их информативности перед выполнением сложения (умножения) целесообразно произвести **операцию нормирования (деления)** содержаний элементов по среднеквадратическим отклонениям (иногда нормируют по средним значениям элемента). Сущность нормирования заключается в приведении измеряемой величины в масштаб стандартных отклонений.

Пример выделения парагенетических ассоциаций элементов полиметаллического месторождения на основе матрицы коэффициентов корреляции

	Cu	Zn	Pb	Ag	Cd	Cr	Ni
Cu	1						
Zn	+	1					
Pb	+	+	1				
Ag	+	+	+	1			
Cd	+	+	+	+	1		
Cr	-	-	-	-	-	1	
Ni	-	-	-	-	-	+	1
Co	-	-	-	-	-	+	+

+ - положительные статистически значимые коэффициенты корреляции;
- - отрицательные статистически значимые коэффициенты корреляции.

Выделяются две ассоциации:

- 1) Cu, Zn, Pb, Ag, Cd (типоморфная);
- 2) Cr, Ni, Co

Полиэлементные геохимические поля

(продолжение предыдущего слайда)

Примеры нормированных
аддитивных показателей (K_a):

$$K_a = \frac{Cu_i}{\sigma_{Cu}} + \frac{Zn_i}{\sigma_{Zn}} + \frac{Pb_i}{\sigma_{Pb}} + \frac{Ag_i}{\sigma_{Ag}} + \frac{Cd_i}{\sigma_{Cd}}$$

$$K_a = \frac{Cu_i}{Cu} + \frac{Zn_i}{Zn} + \frac{Pb_i}{Pb} + \frac{Ag_i}{Ag} + \frac{Cd_i}{Cd}$$

Примеры нормированных
мультипликативных показателей (K_M):

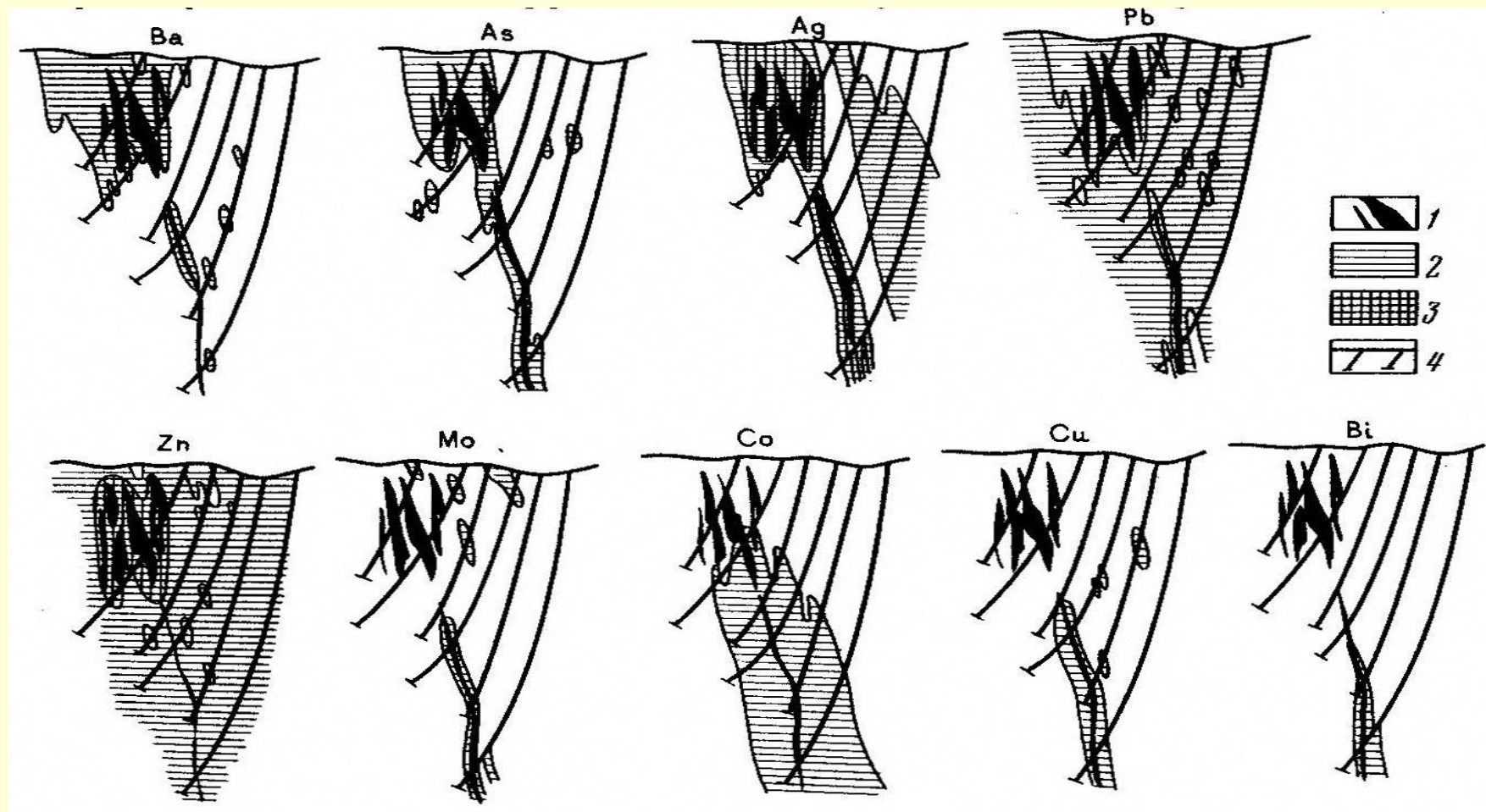
$$K_M = \frac{Cu_i}{\sigma_{Cu}} \cdot \frac{Zn_i}{\sigma_{Zn}} \cdot \frac{Pb_i}{\sigma_{Pb}} \cdot \frac{Ag_i}{\sigma_{Ag}} \cdot \frac{Cd_i}{\sigma_{Cd}}$$

$$K_M = \frac{Cu_i}{Cu} \cdot \frac{Zn_i}{Zn} \cdot \frac{Pb_i}{Pb} \cdot \frac{Ag_i}{Ag} \cdot \frac{Cd_i}{Cd}$$

Если элементы типоморфного комплекса имеют тесную **отрицательную связь** с элементами другой ассоциации, то при выборе мультипликативного показателя следует применить **операцию деления** на эти элементы. Например, для случая, приведенного в корреляционной матрице, мультипликативный показатель должен быть следующим:

$$K_M = \frac{\frac{Cu_i}{\sigma_{Cu}} \cdot \frac{Zn_i}{\sigma_{Zn}} \cdot \frac{Pb_i}{\sigma_{Pb}} \cdot \frac{Ag_i}{\sigma_{Ag}} \cdot \frac{Cd_i}{\sigma_{Cd}}}{\frac{Cr_i}{\sigma_{Cr}} \cdot \frac{Ni_i}{\sigma_{Ni}} \cdot \frac{Co_i}{\sigma_{Co}}}$$

Первичные моноэлементные ореолы месторождения Канимансур (Сев. Таджикистан) (Справочник..., 1990)



1- рудные тела; 2 – первичные ореолы; 3 – поля повышенных концентраций; 4 - скважины

Выявление зональности первичных ореолов

- Зональность первичных ореолов устанавливается путем построения графиков показателей геохимической зональности, коэффициентов зональности, коэффициентов корреляции.

Показатель г/х зональности (Π_3) - отношение одного нормированного элемента-индикатора к сумме нормированных содержаний всех других элементов-индикаторов.

Пример (Π_3) для месторождения Канимансур

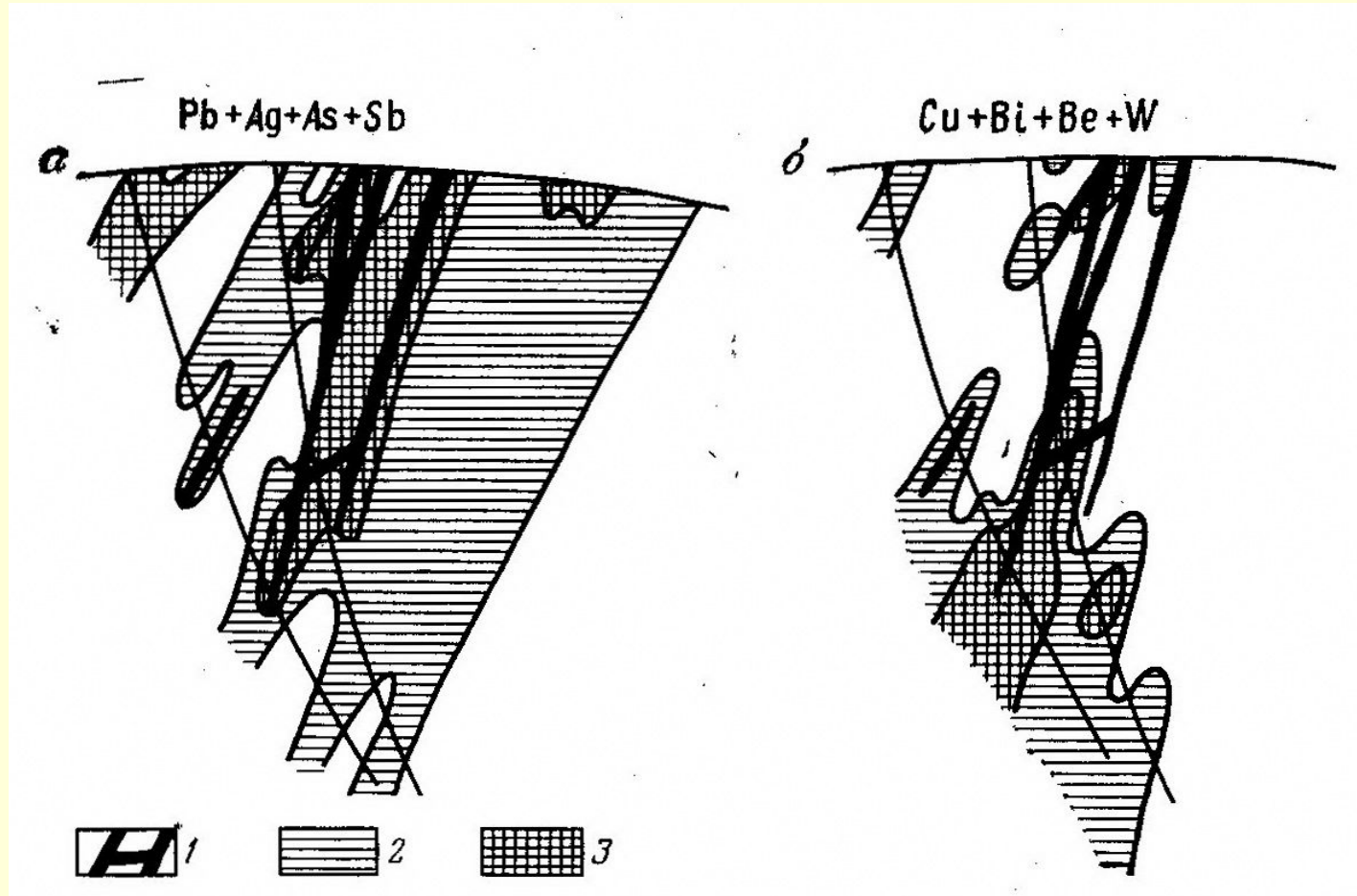
$$\Pi_3 = \frac{Ba_i / \overline{Ba}}{As_i / \overline{As} + Ag_i / \overline{Ag} + Pb_i / \overline{Pb} + Zn_i / \overline{Zn} + Mo_i / \overline{Mo} + Co_i / \overline{Co} + Bi_i / \overline{Bi}}$$

Коэффициент зональности (K_3) – отношение сумм содержаний групп элементов-индикаторов, занимающих полярное положение в ряду г/х зональности.

Пример (K_3) для месторождения Канимансур

$$K_3 = \frac{Ba_i / \overline{Ba} + As_i / \overline{As} + Ag_i / \overline{Ag}}{Mo_i / \overline{Mo} + Co_i / \overline{Co} + Cu_i / \overline{Cu} + Bi_i / \overline{Bi}}$$

Аддитивные ореолы элементов-индикаторов оруденения в разрезе (по С.В. Григоряну)



1 – рудные тела; 2 – участки умеренных значений аддитивного показателя; 3 – участки высоких значений аддитивного показателя

Интерпретация результатов и геолого-экономическая оценка выявленных аномалий

- Выявленные в результате статистических и графических обобщений моно- и полиэлементные аномалии должны получить геологическое, генетическое и геохимическое объяснение.
- Следует установить ряды зональности элементов-индикаторов, надрудные, околорудные и подрудные ореолы рассеяния. На этой основе может быть оценен уровень эрозионного среза и возможность обнаружения рудных тел на глубине.
- Все аномалии должны быть ранжированы по степени перспективности и надежности. Наиболее высокую оценку должны получить площадные полиэлементные аномалии, имеющие высокую интенсивность и контрастность.
- Геолого-экономическая оценка перспективных аномалий ведется на основе подсчета прогнозные ресурсы.
- На перспективных аномалиях производится сгущение сети опробования, организуется вскрытие горными выработками и скважинами.

3.1.3.2. Литохимический метод по вторичным ореолам рассеяния (металлометрическая съемка)

Сущность метода заключается в выявлении и оценке ореолов повышенных концентраций элементов-индикаторов и их спутников в элювиальных и элювиально-делювиальных отложениях путем их систематического опробования.

Условия применения. Метод эффективен лишь при мощности рыхлых дальнеприносимых покровных отложений мощностью не более 10 м.

До постановки работ следует произвести районирование территории по ландшафтно-геохимическим, геологическим, почвенным и другим условиям.

Сеть опробования определяется масштабом исследования. Отбор проб обычно осуществляется самостоятельными маршрутными группами.

При средне- и крупномасштабных поисках маршруты прокладываются с учетом характера рельефы: преимущественно субпараллельно топогоризонталям.

При детальном исследовании масштаба 1:100000 и крупнее отбор проб производится по профилям, которые ориентируются вкрест простирания основных геологических структур.

- **Сеть отбора проб**, как правило, **неравномерная**: расстояние между маршрутами и профилями в 5-10 раз больше, чем расстояние между пробами. Это обусловлено пространственной анизотропией геологических структур и геохимических полей, заключающейся в том, что изменчивость по простиранию меньше изменчивости вкрест простирания

Плотность сети опробования вторичных ореолов рассеяния

Масштаб	Расстояние между профилями, м	Расстояние между точками пробоотбора, м	Число проб на 1 км ²
1:200000	2000	200	2-5
1:100000	1000	100	10-20
1:50000	500	50	40
1:25000	250	40-50	80-100
1:10000	100	20-25	400-500
1:5000	50	10-20	1000-2000
1:2000	25	10	4000

Отбор проб и полевая документация

- **Отбор** проб производится из **представительного горизонта** рыхлых отложений, который должен быть предварительно установлен для региона опытно-методическими работами. **Глубина отбора** проб:
 - на территориях развития **аридного климата** (пустыни, полупустыни) – **0,1-0,2 м**;
 - **в лесных** и горно-таежных районах – **0,2-1,5 м**;
 - для территорий с гумидным климатом (**тропики, субтропики**) – **3-5** и более м.В зависимости от глубины залегания представительного горизонта отбор проб осуществляется из копушей или мелких скважин, пройденных ручными бурами или легкими буровыми установками шнекового или колонкового бурения. С глубины до 25-40 см отбор проб ведется с помощью лопаты или **кайлы-мотыги**. **В пробу отбирается мелкая песчано-глинистая фракция элювиально-делювиальных отложений**, находящихся ниже почвенно-растительного слоя. **Масса** проб около **200 г**. Проба вместе с этикеткой помещается в заранее пронумерованные мешочки с завязками.
- Отбор проб обязательно сопровождается **полевой документацией**, включающей фиксацию пункта отбора на карте и в полевом журнале. В журнале указывается исполнитель, дата, номер профиля (маршрута), номера проб; ведется абрис, в котором отражаются результаты геологических и геоморфологических наблюдений, сведения о рельефе, характере растительности, типе отложений, местные ориентиры, старые горные выработки, рудные свалы и т.п.
- Пройденные маршруты в тот же день должны быть вынесены на сводную карту с указанием исполнителей работ.

Обработка проб

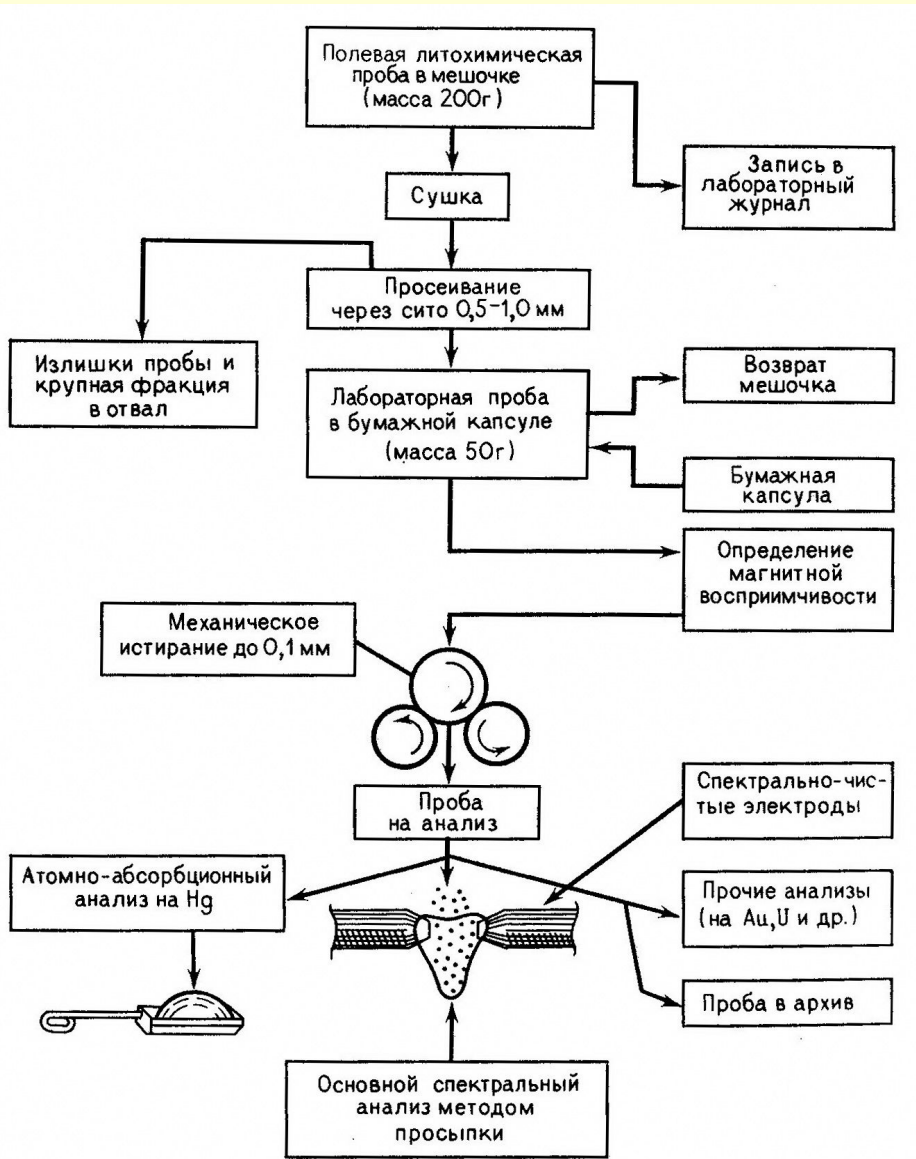


Схема обработки и анализа литохимических проб

Окончательная масса пробы должна составлять около 25 г (или 100 г для проб, направляемых на определение содержания золота).

После обработки каждой пробы все механизмы и оборудование должны тщательно очищаться!



Основной постулат поисковой геохимии и минералогии:
Количество, размер частиц и концентрация рудного компонента в рыхлых отложениях уменьшаются по мере удаления от рудных тел и первичных ореолов рассеяния.

В. Кнауф, 2010

Анализ проб

- При региональных геологосъемочных работах обязательному определению в пробах спектральным методом (методом просыпки) подлежат следующие химические элементы (в порядке возрастания их атомных номеров): Be, B, P, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As, Sr, Zr, Nb, Mo, Ag, Sn, Sb, Ba, La, W, Pb, Bi. Кроме того, особо должна быть рассмотрена целесообразность применения специальных методик анализа на F, Au, Hg, U, Li, Rb, Cs, K, Na и др. элементы.
- Перечень элементов на стадии поисковых работ следует уточнить с учетом имеющихся геологических данных и минерагенических особенностей территории.
- В пробах, показавших аномально высокие содержания элементов-индикаторов, должны быть определены содержания редких и рассеянных элементов, являющихся спутниками этих элементов.

Обобщение информации

- Обобщение информации ведется **статистическими и графическими методами**, аналогично обработке данных геохимических поисков по первичным ореолам рассеяния.
- Для определения фоновых содержаний составляются **карты-разноски** по каждому элементу, на которых показываются пункты опробования, содержания элементов и их изоконцентраты. Эти карты позволяют также определить степень информативности элемента.
- **Моноэлементные карты** изображаются на геологической основе. Аномалии на них показываются штриховкой или цветовой раскраской.
- Широко применяется построение **полиэлементных карт** (аддитивных, мультипликативных и т.п.).
- Преобладающими графическими документами являются карты и планы в изолиниях, а также графики геохимических характеристик по отдельным профилям.

Интерпретация результатов литохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния

- Интерпретация результатов ведется аналогично поискам по первичным ореолам рассеяния с учетом геологических, геофизических, аэрокосмических, минерагенических, генетических и др. особенностей.
- Однако **следует учитывать особенности формирования вторичных ореолов**: ландшафтные, климатические условия, мощность рыхлых отложений, смещение ореолов по склону, возможность образования ложных аномалий и т.п.
- Все аномалии должны быть **ранжированы по степени перспективности и надежности**. Наиболее высокую оценку должны получить площадные полиэлементные аномалии, имеющие высокую интенсивность и контрастность.
- **Геолого-экономическая оценка** перспективных аномалий ведется на основе подсчета **прогнозные ресурсы**.
- **На перспективных аномалиях** производится **сгущение сети** опробования, организуется **вскрытие** горными выработками и скважинами с последующим их детальной документацией и опробованием.

3.1.3.3. Литохимический метод по вторичным потокам рассеяния (метод донных осадков)

- **Сущность метода** заключается в выявлении и оценке ореолов повышенных концентраций элементов-индикаторов и их спутников в пролювиально-аллювиальных **отложениях путем их систематического опробования**.
- Потоки рассеяния временных и постоянных водотоков могут рассматриваться как внешние зоны вторичных ореолов. Поэтому данный метод часто объединяют с выше рассмотренным и называют «Литохимический метод по вторичным ореолам и потокам рассеяния».
- Метод **применяется на стадии региональных работ** в комплексе с геологическими и геофизическими съемками; позволяет быстро получить геохимическую и минерагеническую характеристику больших территорий и выделить перспективные для более детальных исследований площади.
- **Условия применения:** равномерное развитие на площади временных и постоянных водотоков, обеспечивающих возможность создать равномерную сеть опробования..

Сеть опробования

Сеть опробования определяется масштабом исследования. Маршруты начинаются и заканчиваются в 100 м выше и ниже устьев рек с отбором в конечных точках двух проб на расстоянии 20-30 м.

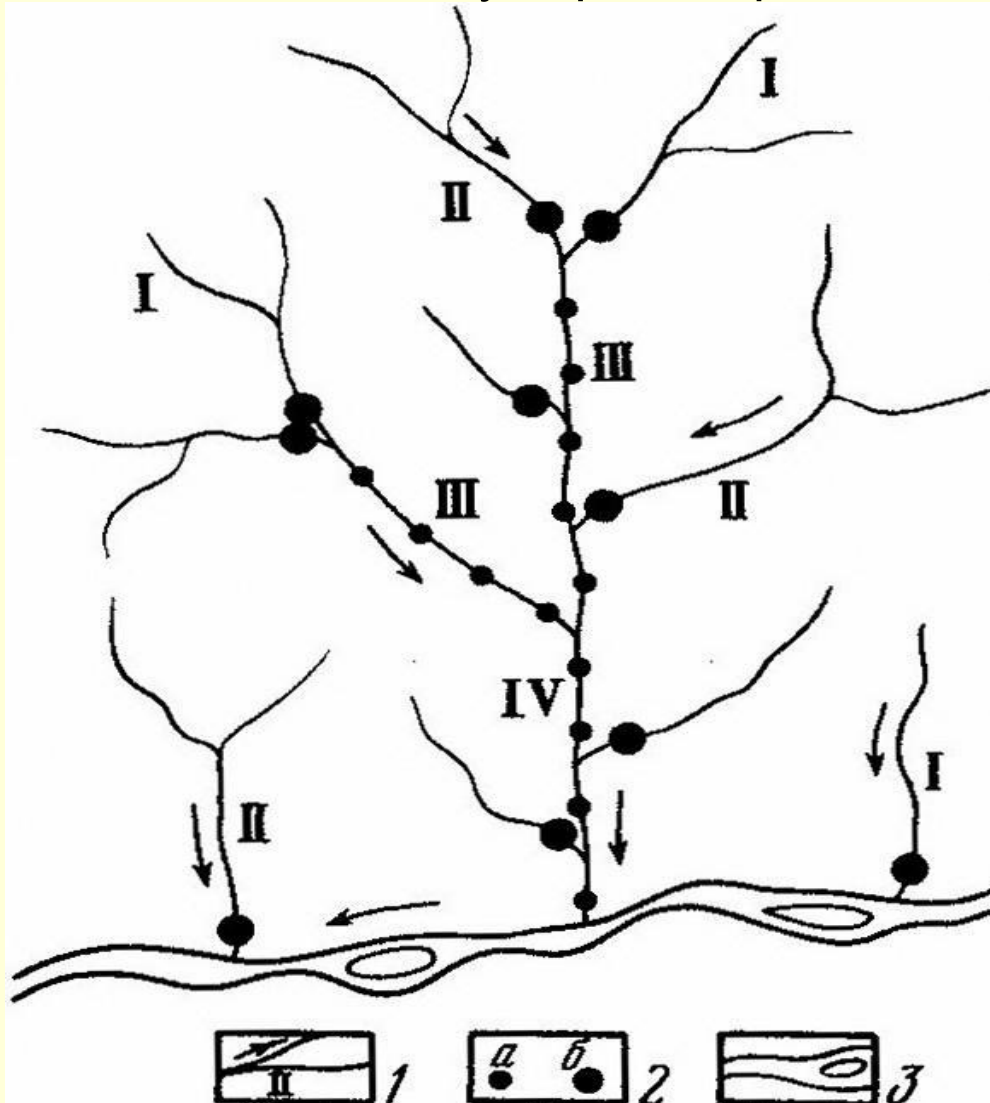


Схема отбора проб при литохимической съемке по потокам рассеяния

- 1 – реки и их порядок;
- 2 – пункты отбора проб (а – рядовых, б – двойных);
- 3 – магистральная река

Плотность опробования литохимических потоков рассеяния

Масштаб	Среднее расстояние между опробуемыми руслами, км	Расстояние между точками пробоотбора по руслу, км	Число проб на 1 км ²
1:200000	2	0,50	1
1:100000	1	0,25	4
1:50000	0,5-0,7	0,05-0,25	8

Отбор, обработка, анализ проб, полевая документация

- В пробу отбирается илисто-глинистая или песчанистая фракция аллювиальных (пролювиальных) отложений с поверхности либо с глубины до 60 см и более в сухой части русла временного или постоянного водотока, либо с его дна (аналогично опробованию вторичных ореолов).
- Широкие заболоченные долины опробуются двумя параллельными маршрутами по бортам с опробованием боковых притоков и конусов выноса.
- Отбор проб сопровождается полевой документацией с фиксацией пунктов отбора на карте и описанием в полевом журнале (аналогично документации при опробовании вторичных ореолов).
- Обработка проб и их анализ, включая перечень элементов, ведутся по методике, принятой при поисках по вторичным ореолам.

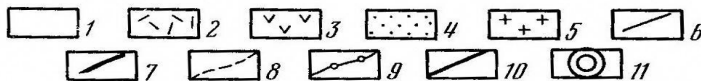
Обобщение информации и интерпретация результатов поисков по потокам рассеяния

- Обобщение информации также ведется статистическими и графическими методами.
- Результаты исследования проб изображаются на геологической основе в виде карт, на которых поток рассеяния каждого элемента (или комплексного показателя) изображается в виде линий, параллельных оси опробованного русла. Длина линии соответствует протяженности потока рассеяния. Содержания элементов (количественные характеристики комплексных показателей) обозначаются линиями различной толщины (аналогично построению ленточных шлиховых карт).
- По отдельным водотокам могут быть построены графики изменения геохимических показателей.
- Возможности построения карт в изолиниях ограничены, т.к. аллювиально-пролювиальные отложения не имеют сплошного площадного развития.

Литохимическая карта потоков рассеяния (по Г.И. Хорину, И.Ф. Бровчуку)



- 1 – галечники;
- 2 – риолиты;
- 3 – андезиты;
- 4 – песчаники;
- 5 – граниты;
- 6 – разломы;
- 7 - 10 – потоки
рассеяния:
7 – Ag, 8 – Sn,
9 – Pb, 10 – Zn;
- 11 - известные
месторождения Sn



Достоинства и недостатки шлихового и литогеохимического метода поисков по вторичным ореолам и потокам рассеяния

• Шлиховой метод

Достоинства	Недостатки
<p>Высокая надежность исходной пробы.</p> <p>Высокая чувствительность</p> <p>Устанавливаются минеральные формы нахождения, (возможность установить генезис оруденения).</p> <p>Устанавливаются более дальние ореолы рассеяния по сравнению с литогеохимическими.</p>	<p>1. Компоненты глинистой, тонкозернистой и легкой фракций не улавливаются.</p> <p>2. Физически и механически неустойчивые минералы шлихами не улавливаются.</p> <p>3. Качество промывки зависит от квалификации рабочего.</p> <p>4. Высокая стоимость.</p>

Литогеохимический метод

Достоинства	Недостатки
<p>1. Малая масса проб, более густая сеть наблюдений.</p> <p>2. Определяется большое количество элементов.</p> <p>3. Определяются элементы, находящиеся в составе глинистой и тонкозернистой фракций, в устойчивой и неустойчивой формах.</p> <p>4. Невысокая стоимость.</p>	<p>1. Не выявляются петрогенные элементы (имеющие высокие кларки).</p> <p>2. Сложность интерпретации при отсутствии информации о минеральных формах нахождения.</p> <p>3. Возможно образование ложных аномалий, обусловленных приповерхностными г/х барьерами.</p>

3.1.3.4. Гидрохимический метод поисков

- Метод основан на выявлении в природных водах ореолов повышенных концентраций **элементов-индикаторов, хорошо мигрирующих в водной среде**: Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Mo, As, Sb, U, Ra; щелочных элементов (Li, Na, K, Rb, Cs); щелочноземельных элементов (Mg, Ca, Sr, Ba); J, Br.
- Наиболее благоприятными объектами для поисков гидрохимическим методом являются **месторождения минеральных солей, минеральных источников, промышленных йодо-бромных вод, месторождений боратов**.
- Среди рудных месторождений наиболее благоприятными объектами поисков являются **сульфидные (колчеданно-полиметаллические, медно-колчеданные)**, а также **месторождения урановых руд**.

Плотность сети опробования природных вод при гидрохимических поисках

Масштаб	Число пунктов наблюдения в зависимости от сложности геологического строения и ландшафтно-геохимических условий		
	простые	средние	сложные
1:200000	0,1	0,15	0,2 - 0,4
1:50000	1,1	1,7	1,5 – 2,0
1:25000	2,3	3,4	4 - 5
1:10000	Опробуются все водопункты при расстоянии между ними не более 100 м. Если это условие выполнить невозможно, поиски в данном масштабе проводиться не могут		

Методика опробования при гидрохимических поисках

- Плотность сети наблюдения зависит от масштаба исследований и наличия водных источников.
- Отбор проб осуществляется из родников, ключей, колодцев, малых рек, скважин, горных выработок.
- Опробование сопровождается полевой документацией, включающей привязку и фиксацию водного источника на топографической карте, а также описание полевой книжке объекта изучения. Отмечается: тип источника, время отбора, физические свойства воды (температура, цвет, запах, наличие спонтанных газов), дебит, минеральные новообразования (травертины, охры, грязи и т.п.). Обязательно отмечается геологическая и геоморфологическая позиция источника.
- Отбор проб производится в тщательно промытые и дважды сполоснутые стеклянные или пластмассовые бутылки. Объем проб зависит от величины ожидаемого сухого остатка и видов анализа и может составлять 0,4-1.0 л.

Травертины Памуккале, Турция

<http://www.1000turov.ru>



Анализ проб

- На каждом водопункте определяются: pH, SO_4 , сумма металлов, HCO_3 , $\text{Fe}_{\text{общ}}$, O_2 , Cl, H_2S и CO_2 .
- **Пробы**, в которых будут определяться Cu, Zn, Pb, Ni, Co, U, Ra, после определения pH **непосредственно в поле подкисляют соляной (1:1) кислотой**, проверенной на безметальность, из расчета 3 мл на 1 л воды. Пробы на определение Ag и Hg, а также для получения сухого остатка аналогичным образом **подкисляют серной (1:1) кислотой**.
- В лабораторных условиях проводится **общий химический анализ** воды (CaO , MgO , Na_2O , K_2O ; HCO_3 , SO_4 , NO_3 , NO), определяется **общая минерализация воды**; концентраты проб (**сухой остаток**) анализируют **приближенно-количественным спектральным методом**.
- Для определения содержаний компонентов в воде **применяются разнообразные методы анализа**: соосаждения в присутствии различных реагентов, метод сорбции на активированном угле, ионно-обменных смолах и др. смешанных органоминеральных сорбентах-комплексообразователях.

Обобщение информации

- Обобщение информации ведется **статистическими и графическими методами**, аналогично обработке данных геохимических поисков по первичным ореолам рассеяния.
- Для определения фоновых содержаний составляются **карты-разноски** по каждому элементу, на которых показываются пункты опробования, содержания элементов и их изоконцентраты. Эти карты позволяют также определить степень информативности элемента.
- **Моноэлементные карты** изображаются на геологической (гидрогеологической) основе. Аномалии на них показываются штриховкой или цветовой раскраской. Строятся карты общей минерализации, макрокомпонентов и др. характеристик вод.
- Широко применяется построение **полиэлементных карт** (аддитивных, мультипликативных, отношений и т.п.).
- Преобладающими графическими документами являются карты и планы в изолиниях, а также графики геохимических характеристик по отдельным профилям.

* *

*

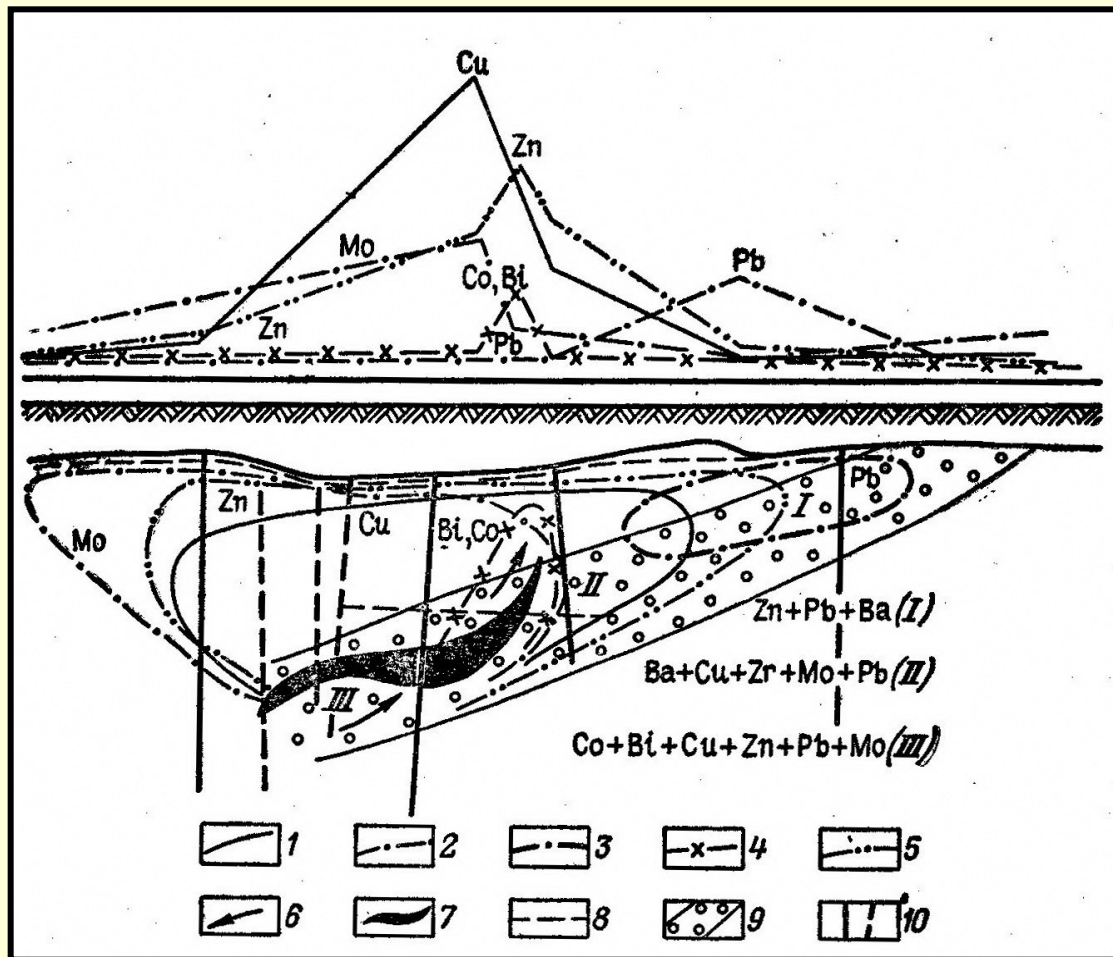
Разновидностью гидрохимического метода поисков можно считать почвенно-гидрохимический метод, заключающийся в анализе водных вытяжек почв.

Интерпретация результатов гидрохимических поисков

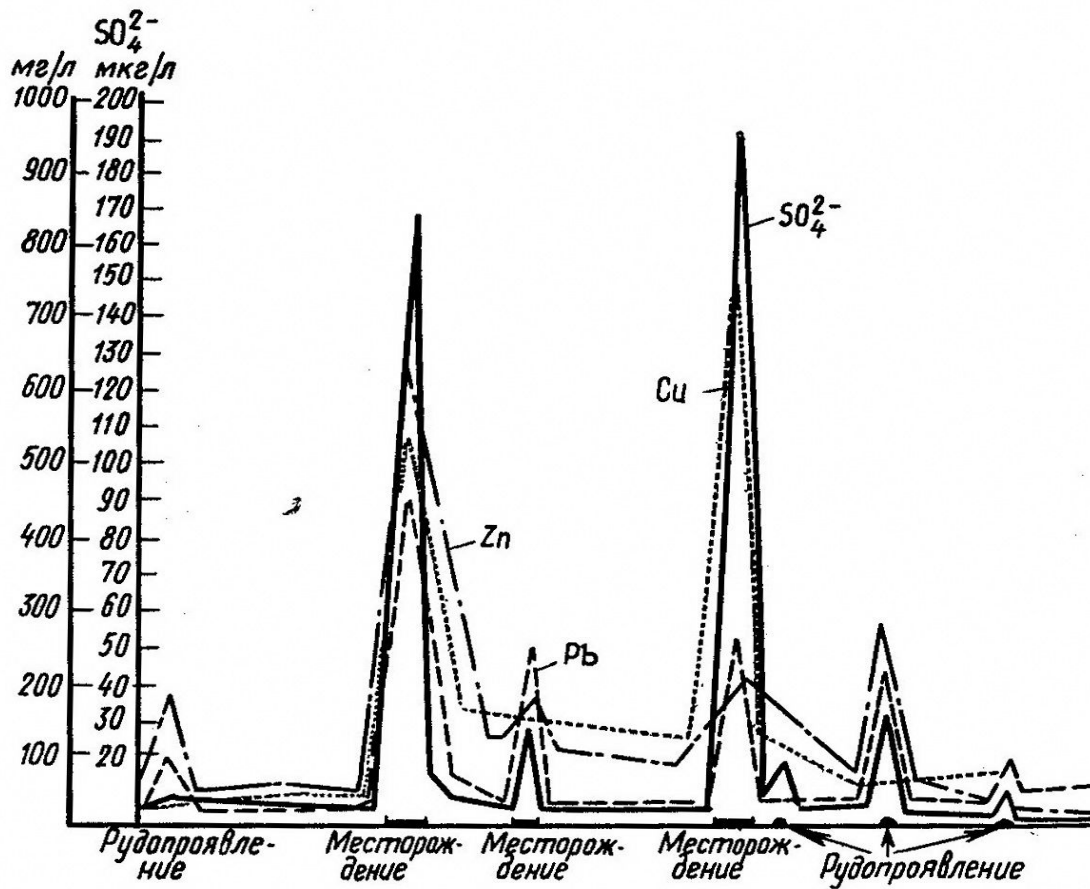
- Отличается повышенной сложностью, обусловленной необходимостью учета большого количества признаков: ландшафтно-геохимические условия, гидрогеологические особенности территории (водоносные и водоупорные свиты, горизонты, комплексы), литогеохимические особенности разреза, минерализация и химический состав вод, миграционная способность элементов, сезонность интенсивности водной миграции и концентрации компонентов и др.
- При оконтуривании аномалий необходимо учитывать направление стока подземных и поверхностных вод, зональность распределения элементов-индикаторов, их ассоциации, зависимость от степени окисления погребенных рудных тел и др..
- Все аномалии должны быть ранжированы по степени перспективности и надежности. Наиболее высокую оценку должны получить площадные полиэлементные аномалии, имеющие высокую интенсивность и контрастность.
- Геолого-экономическая оценка перспективных аномалий ведется на основе подсчета прогнозные ресурсы.
- На перспективных аномалиях производится их осмотр и вскрытие горными выработками и скважинами с последующей детальной документацией и опробованием. На основе этих данных и с учетом комплексного геологического анализа принимается решение о целесообразности дальнейших исследований.

Зональность гидрохимических ореолов скрытой медноколчеданной залежи

(Инструкция..., 1983)



Контуры водных ореолов: 1 – меди, 2 – молибдена, 3 – свинца, 4- висмута и кобальта, 5 – цинка; 6 - направление движения ореольных вод; 7 – рудная залежь; 8 – уровень грунтовых вод; 9 – первичный ореол и его зоны: I – надрудная, II – околорудная, III – подрудная; 10 – буровые скважины



**Гидрохимический
профиль вдоль
Такелийской
рудоносной полосы
(Джунгарский Алатау)
(по В.А. Алексеенко,
1989)**

3.1.3.5. Атмохимический метод поисков

- Сущность метода заключается в изучении распределения газов в атмосфере, почве и подпочвенных рыхлых отложениях с целью выявления газовых ореолов скрытых на глубине залежей полезных ископаемых.
- Метод наиболее эффективен и может иметь преимущество по сравнению с др. г/х методами при поисках погребенных месторождений, перекрытых толщами молодых отложений мощность до нескольких сотен метров. Атмохимические методы разрешается проводить только на площадях, для которых эффективность метода доказана опытно-методическими работами.
- Широкое распространение метод получил при поисках радиоактивных руд (радоновая, тороновая съемки), нефтяных и газовых месторождений. Эти поиски регламентируются специальными инструкциями.
- Практическое распространение при поисках сульфидных рудных месторождений (Hg, Mo, Cu) и некоторых др. пока получили лишь методы, основанные на изучении комплекса газов (CO_2 , углеводороды, H_2 , He, Ar, O_2 и др.) и газотутный метод.
- **ГАЗОВЫЙ КАРОТАЖ** — метод выявления нефтяных и газовых залежей определением газообразных и легких жидких углеводородов в буровом растворе, реже в керне. Газовый каротаж используется также для изучения газоносности угольных пластов.

Плотность сети опробования при атмохимическом методе поисков

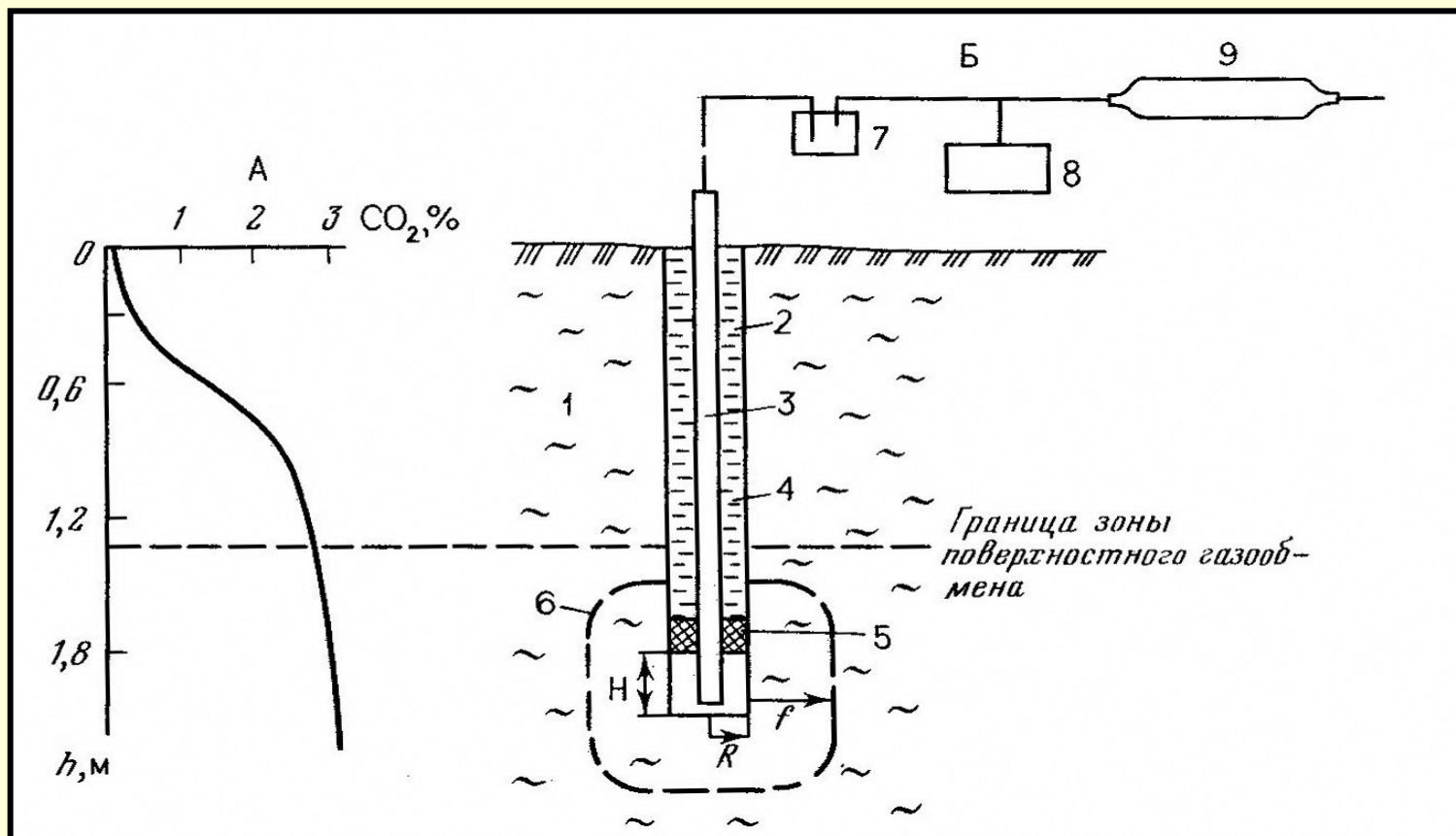
Масштаб	Расстояние между маршрутами или профилями, м	Расстояние между пробами, м	Количество проб на 1 км ²
1:50000	500	50 – 100	20 – 40
1:25000	250	20 – 25	80 – 160
1:1000	100	10 – 25	400 – 1000
1:5000	50	5 - 10	2000 - 4000

Методика опробования

- **Плотность сети** опробования определяется **масштабом исследований**. При региональных работах отбор проб ведется по маршрутам, а при детальных – по профилям.
- **Отбор проб** производится из **призобойных частей мелких скважин**, пробуренных самоходными станками, ручными мотобурами или путем забивки в грунт зондов. **Глубина отбора проб** устанавливается опытно-методическими работами и обычно составляет **1,5 – 3 м**. Отбор газовых проб производится **с помощью специального газоотборника** и обязательно ниже зоны интенсивного обмена с атмосферой.
- Перед газоотбором производится предварительная откачка для удаления поступившего из атмосферы воздуха.
- **Отбор проб** производится **в стеклянные баллончики** цилиндрической формы вместимостью **0,25 или 0,5 л** с двумя отрезками стеклянных трубочек диаметром 5 мм, впаянными в их основания. Заполнение осуществляется путем выдувания потоком почвенного газа, откачиваемого из скважины. После этого баллончики закупориваются стеклянными пробками.
- **Полевая документация** заключается в фиксации следующих данных: название участка, сеть опробования, дата, время начала работы, номера профилей, их азимут, привязка по GPS, погода, температура почвы, концентрация газов, замеры фона прибора, глубина зонда, характер рыхлых отложений, геоморфологические данные и т.п.

Схема опробования почвенного воздуха

(Справочник по геохимическим поискам..., 1990)



А – распределение газовых компонентов; **Б** – схема опробования:

1 – породы, 2 – ствол скважины, 3 – пробоотборник, 4 – глинистый раствор, 5 – пакер (резиновый уплотнитель), 6 – контур зоны извлечения газа, 7 – фильтр-осушитель, 8 – полевой газоанализатор, 9 – газовая ампула

Анализ проб

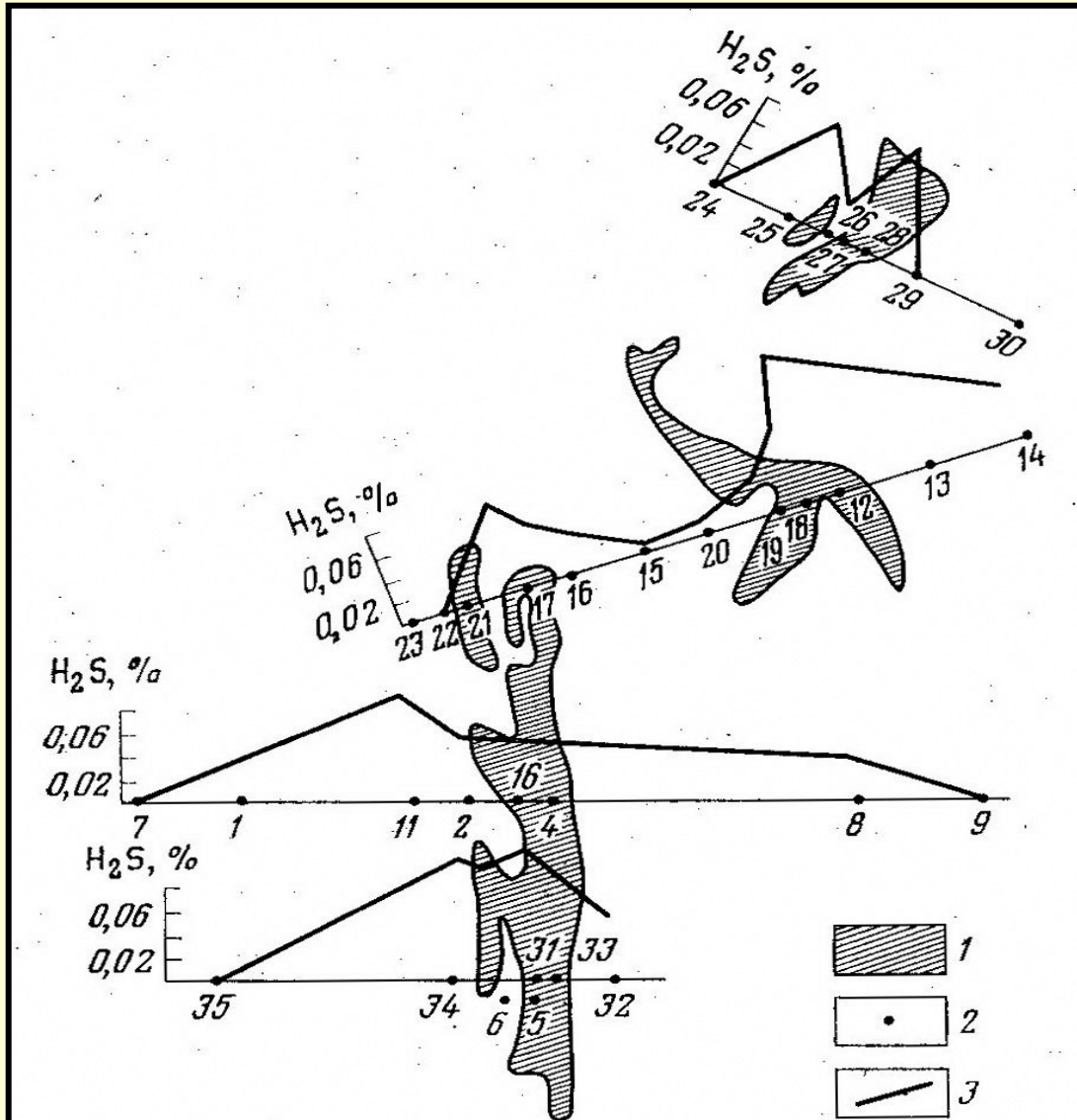
- Непосредственно на точках наблюдения с помощью переносных газоанализаторов определяется содержание CO_2 , SO_2 и сумма углеводородов.
- Измерения содержания паров ртути производится в шпурах, пробитых ломом на глубину 0,3 - 0,6 м или в мелких скважинах глубиной 1 – 3 м с помощью ртутного атомно-абсорбционного газоанализатора.
- Контрольные измерения производятся в объеме не менее 10 %.
- Определение содержаний других компонентов производится в стационарных лабораториях.

Обобщение информации и интерпретация результатов

- Обобщение информации ведется **статистическими и графическими методами** как и при проведении других геохимических методов поисков.
- Особенностью атмохимических аномалий является то, что они **фиксируют зоны повышенной пористости и трещиноватости**, которые могут соответствовать зонам **разрывных нарушений**.
- Все выявленные при обобщении информации аномалии должны быть **осмотрены на местности с проведением повторных наблюдений** методом, которым она была выявлена, по более густой сети.
- Атмохимические аномалии должны быть **проверены литохимическим опробованием вторичных ореолов рассеяния**. Решение о перспективности аномалий принимается по данным **глубинного литохимического опробования скважин, пробуренным по 3 – 5 профилям**.
- Все аномалии должны быть **ранжированы по степени перспективности и надежности**. Наиболее высокую оценку должны получить площадные полиэлементные аномалии, имеющие высокую интенсивность и контрастность.
- **Геолого-экономическая оценка** перспективных аномалий ведется на основе подсчета **прогнозные ресурсы**.

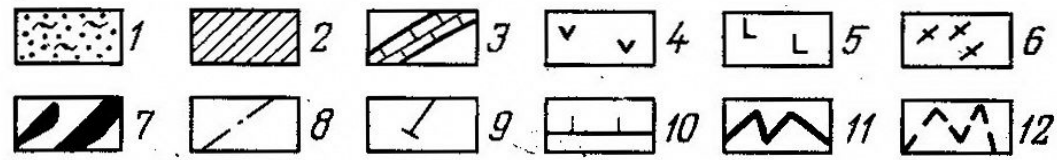
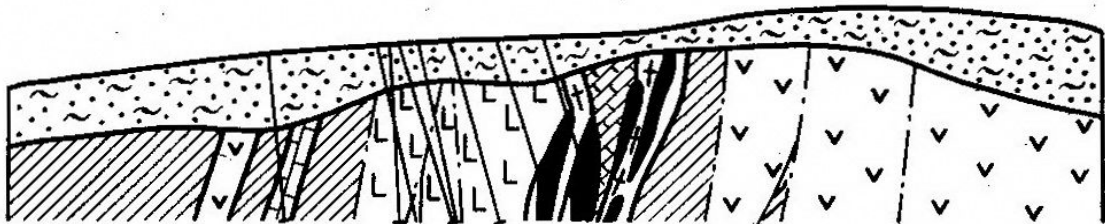
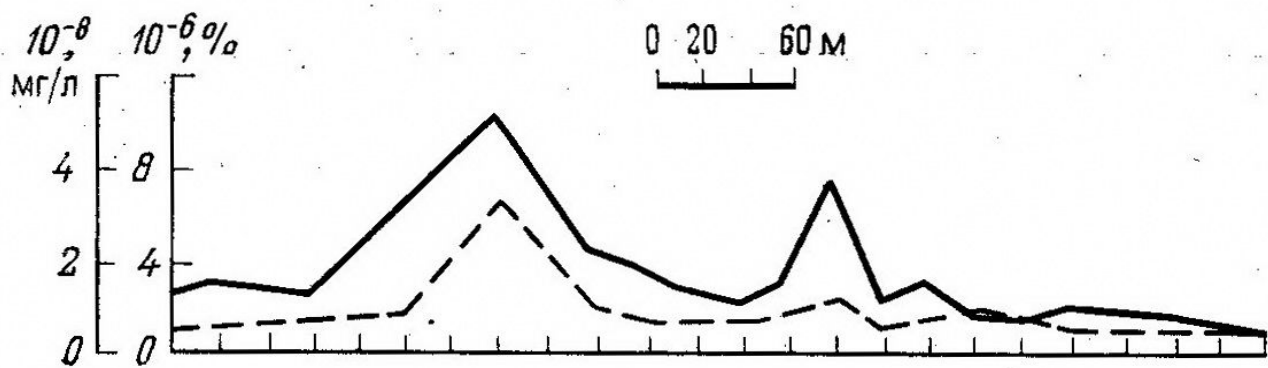
Результаты газовой съемки по H_2S на Каратасских полиметаллических месторождениях (Средняя Азия)

(по В.А. Алексеенко, 1989)



- 1 – план расположения рудных тел,
- 2 – пункты отбора атмосферических проб,
- 3 – содержание H_2S

График изменения концентрации ртути в почвенном воздухе над месторождением киновари (по В.З. Фурсову)



- 1 – суглинки,
- 2 – сланцы,
- 3 – известняки,
- 4 – эффузивы,
- 5 – серпентиниты,
- 6 – листвениты,
- 7 – рудные тела,
- 8 – разрывные нарушения;
- 9 – скважины,
- 10 – точки измерения,
- 11 – график концентрации паров ртути,
- 12 – график концентрации паров ртути в твердой фазе

3.1.3.6. Биохимический метод поисков

- **Сущность** метода заключается в выявлении г/х аномалий путем опробования объектов биосферы. Практическое значение имеет изучение элементов-индикаторов только в растениях, благодаря их стабильному положению на местности.
- **Применение** биохимического метода целесообразно лишь в ландшафтно-геохимических условиях, где он имеет преимущества перед литохимическими поисками, что должно быть доказано опытно-методическими работами и экономическими расчетами.
- **Применение** метода целесообразно на площадях :
 - развития полностью выщелоченных зон окисления и кор выветривания;
 - развития неглубоко залегающих вторичных ореолов, перекрытых дальнепереносными отложениями небольшой (2 - 10 м) в условиях гумидного климата;
 - развития вторичных ореолов, перекрытых дальнепереносными отложениями умеренной мощности (до 30 м, иногда до 80 м) в условиях аридного климата при наличии растений с глубокопроникающими корневыми системами;
 - распространения болотных отложений при неглубоком (2 -10 м) залегании рудных тел и их вторичных ореолов, в том числе при наличии многолетней мерзлоты;
 - развития крупноглыбовых курумов.
- **Нецелесообразно** применять:
 - в горных, активно денудлируемых районах;
 - в районах, где месторождения и их вторичные ореолы залегают на большой глубине, недоступной для обнаружения биохимическими ореолами;
 - на площадях, лишенных растительного покрова;
 - при поисках руд, элементы-индикаторы которых входят в состав труднорастворимых крупных кристаллов, зерен и агрегатов в формах, недоступных для усвоения корневой системой растений.

Плотность сети опробования при биогеохимическом методе поисков

Масштаб	Расстояние между маршрутами или профилями, м	Расстояние между пробами, м	Количество проб на 1 км ²
1:50000	500	20 – 100	10000 – 50000
1:25000	250	10 – 50	2500 – 25000
1:10000	100	10 – 20	1000 – 5000
1:5000	50	5 – 20	500 – 1000
1:2000	20	2 – 20	80 – 400
1:1000	10	2 - 10	20 - 100

Отбор проб

- Плотность сети опробования определяется масштабом исследований. При региональных работах отбор проб ведется по маршрутам, а при детальных – по профилям.
- Используются безбарьерные части широко распространенных многолетних растений: кора, ветви, хвоя (листья) сосны, лиственницы, кедра, пихты, ели, березы, ивы, осины и др.
- При отсутствии опробуемых видов растений в точке пробы могут отбираться на небольшом удалении (но не более 1/3 шага опробования).
- При опробовании необходимо, чтобы в пробу, на сколько это возможно, отбирался незагрязненный однотипный (виды и органы растений, их возраст) материал. В пробу можно объединять однотипный материал нескольких растений.
- Опробование должно проводиться оперативно течение двух-трех недель. Если это невозможно, то площадь должна быть разделена на участки, опробованные в течение двух-трех недель. Нежелательно производить опробование во время интенсивных дождей и в течение двух-трех дней после их окончания.
- Масса проб определяется количеством материала, необходимого для анализов. Обычно достаточной является масса пробы сырого вещества в 20 - 50 г.
- При отборе проб коры деревьев используют легкие топоры, при отборе вервей деревьев и кустарников – садовые ножницы или ножи. Листья и травянистые растения обрывают руками. Пробы упаковывают в матерчатые мешочки или в бумажные пакеты.

Документация опробования

- Документация ведется в полевой книжке единого образца. Указываются: дата, привязка пункта отбора пробы (включая с помощью топопривязчиков), вид и часть растения, возраст (диаметр) древесных растений, фенофаза (сокодвижение, набухание почек, облиствение, цветение, созревание семян и плодов, осенняя раскраска листьев, листопад, после листопада); абрис профиля или маршрута с указанием положения характерных точек рельефа, смены растительных ассоциаций и почв и др.
- Список видов опробуемых растений и их аббревиатуры должны быть приведены на первой странице книжки.
- Контрольное опробование должно быть проведено в объеме не менее 5 % от общего числа проб. Контрольное опробование I этапа должно проводиться на площадях аномалий, установленных другими методами, или представляющих интерес по геологическим, ботаническим и пр. данным. Контрольное опробование II этапа проводится после получения результатов анализов на площадях выявленных площадных аномалий. При этом должна соблюдаться однотипность условий пробоотбора.

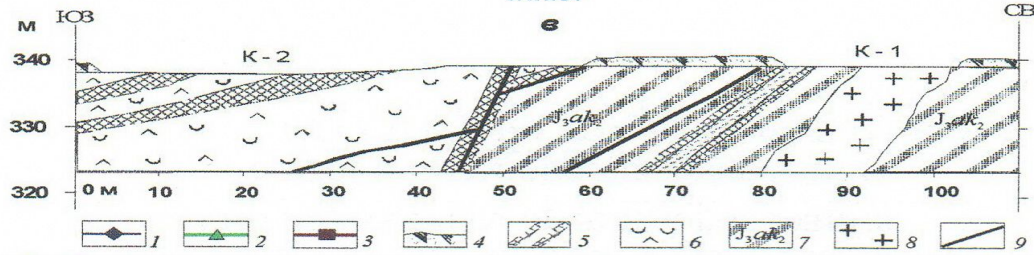
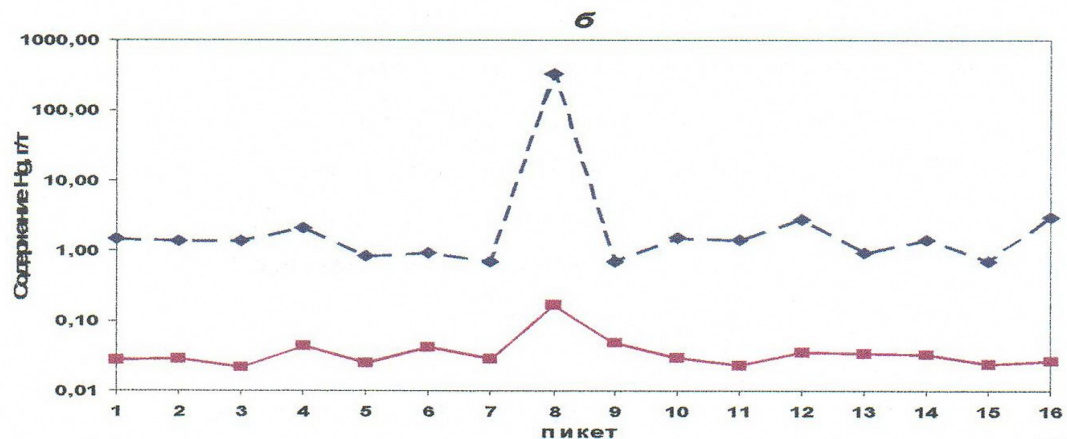
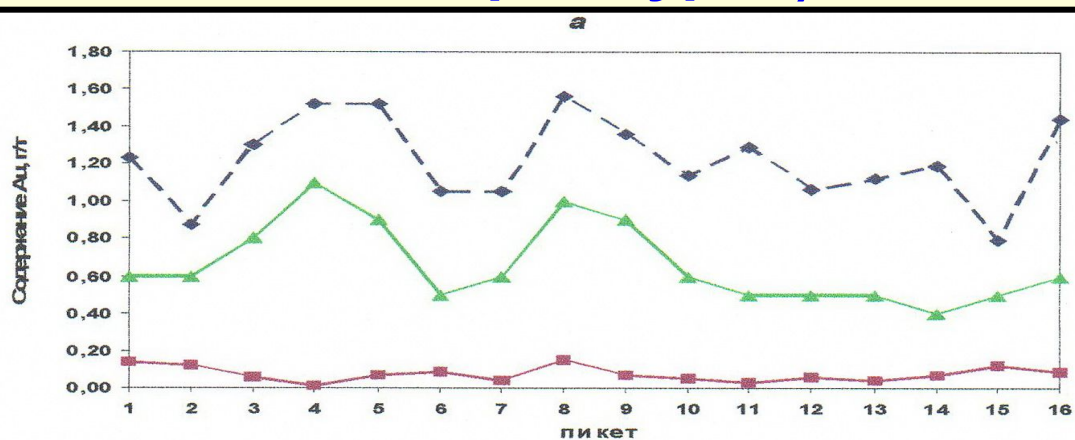
Обработка и анализ проб

- **Обработка проб** биомассы **заключается в их озолении**, которое ведется в окислительном режиме при свободном доступе воздуха и свободном горении пробы в начале операции. **Озоление** производится производится **в полевых условиях в печах**, оборудованных тягой. **Измельченные до 3 – 10 мм пробы помещают в жаропрочные тигли** из стекла, фарфора, керамики и т.п. и, периодически помешивая, выдерживают при температуре 400 – 600 °С в течение от 20 мин до 4 – 8 ч. **Показателем полного озоления является равномерный** пепельно-серый, белый, коричневый или иной **цвет золы и отсутствие** черных углей.
- Озоленные **пробы** помещаются **в бумажные капсулы** и вместе с сопроводительной ведомостью направляются **на приближенно-количественный спектральный анализ**.
- **Перечень компонентов** в основном тот же, что и для литохимических **проб**. По мере детализации исследований этот перечень сокращается.

Обобщение информации и интерпретация результатов опробования

- Обобщение информации ведется теми же методами, что и при литогеохимических поисках: статистическими и графическими.
- Первоначальной операцией обработки данных является определение фоновых содержаний элементов-индикаторов. Оно должно осуществлено для стандартных (сопоставимых) условий с учетом видов и частей растений, сроков опробования, геохимических ландшафтов и т.п.
- Карты и профили составляются на геологической основе.
- Основными критериями отнесения аномалий к перспективным являются: геологическое положение участка и их количественные параметры: интенсивность, протяженность, площадь, продуктивность и возможные прогнозные ресурсы основных рудных элементов.
- Перспективные аномалии должны быть осмотрены. На них следует провести контрольно-детализационное опробование по 1 – 3 профилям. При подтверждении перспективности аномалии на участке проводятся детальные геофизические исследования и вскрытие скважинами или горными выработками, которые подвергаются глубинному литохимическому опробованию.

Графики распределения содержаний Au (а) и Hg (б) в растениях, почве, коренных породах по геологическому профилю (в) рудопроявления Покровка-IV (Верхнее Приамурье) (по Д.В. Юсупову, 2009)



- 1 – рододендрон даурский (ветви с листьями);
- 2 – коренные породы;
- 3 – почвенный горизонт; 4 – почвенно-растительный слой и элювий;
- 5 – зоны с Au-Ag оруденением;
- 6 – туфы дацитов;
- 7 – алевролиты, аргиллиты;
- 8 – гранит-порфиры;
- 9 – разрывные нарушения

3.1.4. Геофизические методы поисков

- Геофизические методы поисков применяются для выявления и оконтуривания аномальных физических полей, связанных с полезными ископаемыми.
- Особенно эффективны при плохой обнаженности и большой глубине залегания тел полезных ископаемых, физические свойства которых заметно отличаются от вмещающих горных пород.
- В большинстве случаев имеют вспомогательное значение, но при отсутствии прямых признаков позволяют более целенаправленно вести поисковые работы.
- При поисках твердых полезных ископаемых используются: магнитометрические, электрометрические, радиометрические, ядерно-физические, в меньшей степени – гравиметрические, сейсмические, акустические и др. методы.
- Выполнение работ геофизическими методами регламентируется инструкциями по соответствующим видам исследований.
- Многие геофизические методы могут быть реализованы в наземном (пешеходном, автомобильном), дистанционном (аэрокосмическом), глубинном (в скважинах – каротаж, горных выработках) вариантах.

3.1.4.1. Магнитометрические методы

- Используются в воздушном, наземном и скважинном вариантах для выявления руд, обладающих высокой магнитной восприимчивостью.
- 1. Магнитометрия высоко эффективна при поисках месторождений магнетитовых руд. Интенсивные магнитные аномалии рассматриваются как прямой поисковый признак.
- 2. В благоприятных условиях она может быть эффективна при поисках месторождений медно-никелевых, хромовых, титаномагнетитовых (коренных и россыпных), слабомагнитных железных руд.
- 3. В особо благоприятных условиях магнитометрия может быть использована при поисках месторождений бокситов, а также россыпей золота и платины, содержащих большое количество магнетита.
- На месторождениях магнетитовых руд каротаж магнитной восприимчивости (КМВ) является важнейшим методом скважинной геофизики. С его помощью в рудах определяются содержания железа, связанного с магнетитом.
- Магнитометрия также широко используется в картировочных целях.
- Во всех случаях магнитометрические методы поисков наиболее эффективны в случаях, когда вмещающие комплексы сложены слабомагнитными породами.

3.1.4.2. Электрометрические методы (электроразведка)

- Успешно применяются при поисках сульфидных (разнообразных генетических типов), оловянных, некоторых типов углей, графита. Большое число модификаций электроразведочных методов связано с использованием: 1) широкого диапазона частот; 2) естественных и искусственных источников тока.
- Наибольшее применение получили методы: естественного поля (ЕП), переходных процессов (ПП), вызванной поляризации (ВП), вертикального электрического зондирования (ВЭЗ), а также методы каротажа: каротаж сопротивлений (КС) и самопроизвольной поляризации (ПС), .
- **Метод ЕП** заключается в измерении естественного потенциала и градиента потенциала.
- **Метод ПП** заключается в изучении неустановившегося электромагнитного поля после отключения электрического тока.
- **Метод ВП**: измеряется разность потенциалов между измерительными электродами во время прохождения тока через землю и после его отключения.
- **Метод ВЭЗ** заключается в измерении ρ_k (кажущегося сопротивления) в зависимости от разносов питающих и измерительных электродов. Метод широко используется для определения мощности рыхлых отложений.
- **Метод КС** основан на измерении удельного кажущегося сопротивления ρ_k горных пород.
- **Метод ПС** заключается в регистрации разности потенциалов между неподвижным электродом, находящимся у устья скважины и электродом, перемещаемым по стволу скважины.

3.1.4.3. Радиометрические методы

- Основаны на выявлении и изучении радиационных аномалий в приземном слое атмосферы, на земной поверхности, в буровых скважинах, горных выработках, а также радиоактивных газов в подпочвенном слое (эманационная съемка, см. атмохимический метод поисков).
- Применяются при поисках месторождений U, Ra, Th, в благоприятных условиях P, Ta, Nb, TR и др.
- Глубинность проникновения γ -лучей в горных породах не превышает 1 м. Однако за счет разрушения вторичных ореолов оказывается больше – 10 м и более.
- Сущность метода заключается в измерении суммарного γ -излучения или дифференциальной регистрации его в определенных интервалах энергии частиц.
- По условиям применения подразделяются на:
 - аэрометрические,
 - наземные (автомобильные и пешеходные),
 - глубинные (в шпурах, скважинах, горных выработках).
- Измерение радиоактивности осуществляется с помощью радиометров и гамма-спектрометров.
- Гамма-картаж (ГК) является одним из основных видов геофизического исследования скважин.

3.1.4.4. Ядерно-физические методы

- Основаны на регистрации наведенных γ - и нейтронных полей, возникающих при возбуждении атомов под влиянием искусственных источников ионизации.
- Известно несколько десятков модификаций ядерно-физических методов, однако большинство из них реализовано для стационарных условий (анализов проб).
- **Рентген-радиометрический метод** (автомобильный и скважинный варианты) применяется при поисках месторождений тяжелых металлов: Pb, Zn, Mo, Sb, Hg, Bi и др.
- Нейтронно-активационный метод (те же варианты) используется при поисках месторождений флюорита, бокситов, меди, марганца и др.
- **Нейтронный гамма-каротаж (НГК)** - радиоактивный каротаж, основанный на измерении характеристик гамма-излучения, сопровождающего поглощение нейтронов в горных породах при их облучении внешним источником нейтронов. **Интенсивность вызванного гамма-излучения зависит от замедляющих и поглощающих свойств среды**, т. е. от ее водородо- и хлоросодержания. Чем выше водородосодержание породы, тем ниже показания **НГК**. Плотные непроницаемые пласты и пропластки отмечаются наиболее высокими показаниями.

3.1.5. Горно-буровые методы поисков

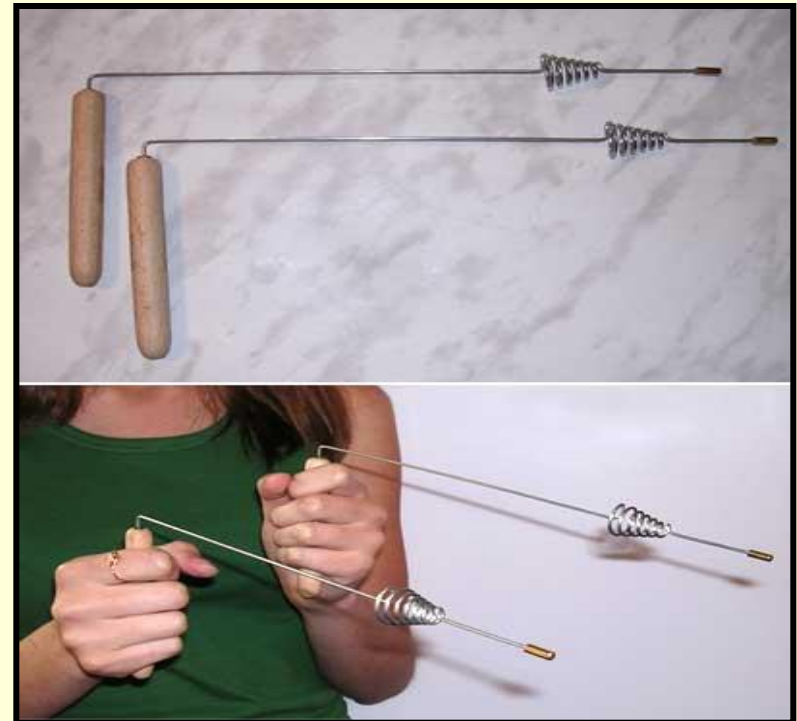
- Поиски сопровождаются горно-буровыми работами, задачами которых являются: 1) проверка данных полученных другими методами, 2) вскрытие полезного ископаемого для выяснения его минерального состава, качества и условий залегания, 3) частичное прослеживание тел полезных ископаемых.
- **Выбор способов** вскрытия определяется **мощностью перекрывающих пород**. При мощности наносов до 0,5 м применяются расчистки, от 0,5 до 3-5 м – канавы и мелкие шурфы.
- **Канавы** задаются вкрест простирания рудных тел. Их длина чаще не превышает 30 – 40 м. Если ширина выхода объекта больше этих величин, проходятся или магистральные длиной до 500 - 600 м, или пунктирные канавы. Поперечное сечение канав – прямоугольное или трапецевидное, ширина у основания 0,6 – 1,0 м, глубина до 2,5 – 3,0 м. **Траншеи**.
- При мощности наносов более 3 – 5 м вскрытие осуществляется **дудками или шурфами**. Площади поперечных сечений при глубине до 20 м принимают равными 1,25, 1,65, 2,0 м², при глубине до 40 м – 4 м².
- Вскрытие на крутых склонах можно производить **штольнями** с площадью сечения до 2 м².
- **Скважины** применяют для вскрытия тел полезных ископаемых, перекрытых мощными пачками пород. При углах падения минерализованных зон менее 45° бурятся вертикальные скважины, при углах падения более 45° – наклонные скважины с углом встречи тела полезного ископаемого не менее 30°. Глубина скважин на стадии поисковых работ обычно не превышает нескольких десятков (иногда первых сотен) метров. Скважины задаются со стороны висячего бока залежи. Их длина должна обеспечивать полное пересечение залежи плюс «перебур» до 3 – 5 м вмещающих пород лежащего бока.
- **Горные выработки и скважины задаются по поисковым профилям (линиям)**, до 3 – 5 профилей, ориентированных вкрест простирания минерализованной зоны.
- По мере детализации объемы горно-буровых работ увеличиваются.

3.1.6. Экзотические методы поисков: *геокинологический*



Сущность геокинологического метода заключается в том, что в процессе дрессировки у собак вырабатывается **условный рефлекс на запахи**, создаваемые рудами определенного состава. Почувствовав соответствующий запах, собака реагирует: ложиться или начинает лаять.

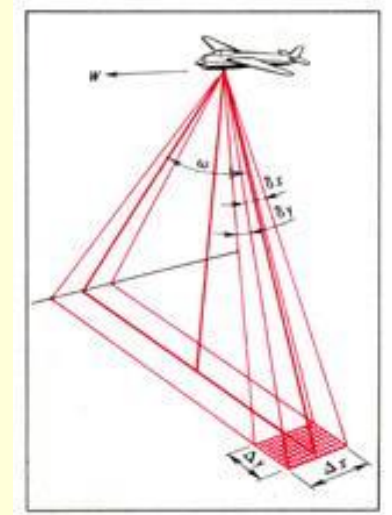
Экзотические методы поисков: биолокация



1. Поиски руды с помощью лозы (Лозоходство: гравюра XVI в.).
- 2, 3. Современные магнитные рамки и маятники для поисков руды, подземных вод, геопатогенных зон

3.2. Дистанционные и подводные методы поисков

- **ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ** — общее название методов изучения наземных объектов и космических тел неконтактным путём на значительном расстоянии (например, с воздуха или из космоса) различными приборами в разных областях спектра.
- Дистанционные методы позволяют оценивать региональные особенности изучаемых объектов, выявляемые на больших расстояниях. Термин получил распространение после запуска в 1957 первого в мире искусственного спутника Земли и съёмки обратной стороны Луны советской автоматической станцией "Зонд-3" (1959).



Различают активные дистанционные методы, основанные на использовании отражённого объектами излучения после облучения их искусственными источниками, и пассивные, которые изучают собственное излучение тел и отражённое ими солнечное. В зависимости от расположения приёмников дистанционные методы подразделяют на наземные (в том числе надводные), воздушные (атмосферные, или аэро-) и космические. По типу носителя аппаратуры дистанционные методы различают самолётные, вертолётные, аэростатные, ракетные, спутниковые дистанционные методы (в [геолого-геофизических исследованиях](#) различают активные дистанционные методы, основанные на использовании отражённого объектами излучения после облучения их искусственными источниками, и пассивные, которые изучают собственное излучение тел и отражённое ими солнечное. В зависимости от расположения приёмников дистанционные методы подразделяют на наземные (в том числе надводные), воздушные (атмосферные, или аэро-) и космические. По типу носителя аппаратуры дистанционные методы различают самолётные, вертолётные, аэростатные, ракетные, спутниковые дистанционные методы (в геолого-геофизических исследованиях — аэрофотосъёмка, аэрогеофизическая съёмка и космическая съёмка). Отбор, сравнение и анализ спектральных характеристик в разных диапазонах электромагнитного излучения позволяют распознать объекты и получить информацию об их размере, плотности, химическом составе, физических свойствах и состоянии. Для поисков радиоактивных [руд](#) различают активные дистанционные методы, основанные на использовании отражённого объектами излучения после облучения их

Продолжение

По типу приёмника излучения дистанционные методы подразделяют на визуальные, фотографические, фотоэлектрические, радиометрические и радиолокационные. В визуальном методе (описание, оценка и зарисовки) регистрирующим элементом является глаз наблюдателя. Фотографические приёмники (0,3-0,9 мкм) обладают эффектом накопления, однако они имеют различную чувствительность в разных областях спектра (селективны). Фотоэлектрические приёмники (энергия излучения преобразуется непосредственно в электрический сигнал при помощи фотоумножителей, фотоэлементов и других фотоэлектронных приборов) также селективны, но более чувствительны и менее инерционны. Для абсолютных энергетических измерений во всех областях спектра, и особенно в ИК, используют приёмники, преобразующие тепловую энергию в другие виды (чаще всего в электрические), для представления данных в аналоговой или цифровой форме на магнитных и других носителях информации для их анализа при помощи ЭВМ. Видеоинформация, полученная телевизионными, сканерными (рис.), панорамными камерами, тепловизионными, радиолокационными (бокового и кругового обзора) и другими системами, позволяет изучить пространственное положение объектов, их распространённость, привязать их непосредственно к карте.

Наиболее полные и достоверные сведения об изучаемых объектах даёт многоканальная съёмка — одновременные наблюдения в нескольких диапазонах спектра (например, в видимом, ИК и радиообласти) или радиолокация в сочетании с методом съёмки более высокого разрешения.

В геологии дистанционные методы используются для изучения рельефа, строения земной коры, магнитных и гравитационных полей Земли, разработки теоретических принципов автоматизированных систем космофотогеологического картирования, поиска и прогнозирования месторождений полезных ископаемых; исследования глобальных особенностей геологических объектов и явлений, получения предварительных данных о поверхности Луны, Венеры, Марса и др. Развитие дистанционного метода связано с улучшением наблюдательной базы (спутники-лаборатории, балонные аэростанции и др.) и технической аппаратуры (внедрение криогенной техники, снижающей уровень помех), формализацией дешифровочного процесса и созданием на этой основе машинных методов обработки информации, дающих максимальную объективность оценок и корреляций.

- В связи с переходом на поиски месторождений в акваториях (в первую очередь на шельфе) постепенно начинают внедряться методы с использованием надводных и подводных судов и аквалангов. В первую очередь это относится к поискам месторождений углеводородов. При поисках твердых полезных ископаемых эти методы широкого распространения пока не получили.

3.3. Комплексование поисковых работ.

Выбор рациональных комплексов ПОИСКОВЫХ МЕТОДОВ

- Комплексование поисковых работ имеет два аспекта:
 - 1) поиски должны быть направлены на выявление всего комплекса полезных ископаемых, встречающихся в районе;
 - 2) применяемый комплекс поисковых методов должен быть эффективным (максимально информативным) и оптимальным в геологическом и экономическом отношении.
- Комплексование уменьшает неоднозначность интерпретации результатов поисков. В применяемый комплекс следует включать только те методы, которые позволяют получить дополнительную или качественно новую информацию.
- На выбор рационального комплекса оказывают следующие факторы:
 - 1) региональная геолого-структурная позиция территории;
 - 2) природные условия работ;
 - 3) геологические условия локализации полезного ископаемого;
 - 4) геолого-промышленный (рудно-формационный) тип оруденения;
 - 5) физические, химические свойства и минеральный состав полезного ископаемого и вмещающих пород;
 - 6) морфологические особенности залежей, условия их залегания;
 - 7) стадия геологоразведочных работ.

Прогнозно-поисковый комплекс

Блок-схема стадии прогнозно-поискового комплекса (по А.И. Кривцову):

1 – переход от предшествующей стадии;
2 – стадия работ;

3 – 4 - методы работ: 3 – обязательные,
4 – дублирующие либо избыточные;

5 – 6 - признаки объектов:
5 – необходимые, 6 – дополнительные;

7 – связи, методы-признаки и признаки-объекты (основные и второстепенные);

8 -10 – результаты работ:

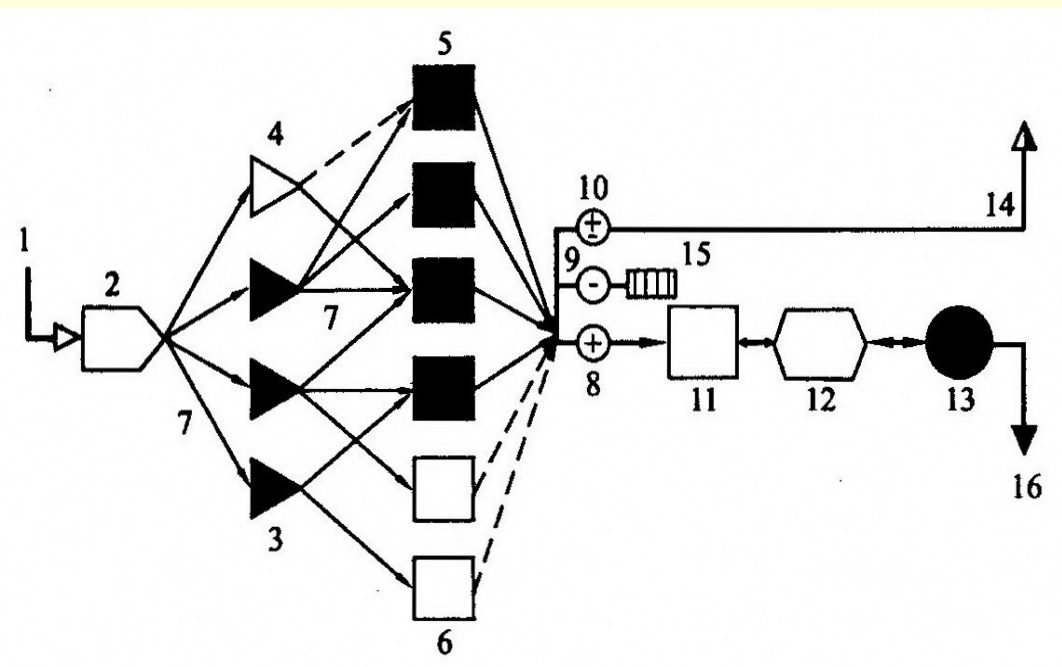
8 – положительные, 9 – отрицательные,
10 – неопределенные;

11 – 13 – объекты прогноза и поисков: 11 – геологические, 12 – металлогенические, 13 – ресурсы и запасы;

14 – возврат к предшествующей стадии;

15 – прекращение работ;

16 – переход к последующей стадии



Прогнозно-поисковый комплекс – совокупность поисковых предпосылок, признаков, оптимальный комплекс методов поисков, выбранный с учетом геологических и природных факторов, в увязке со стадийностью геологоразведочных работ.

Охрана окружающей среды при проведении поисковых работ

- Использование современных технических и транспортных средств при поисках месторождений приводит к нарушению экосистем. С целью максимального сохранения природы и окружающей среды **рекомендуется**:
 - **располагать** горные выработки и скважины **не по правильной сети** (если это не приводит к браку ГРП), а с учетом местных условий (обочины дорог, межи, пустыри), согласуя места заложения с собственниками земли;
 - проводить **буровые работы** и г/ф исследования **в зимнее время**;
 - **не допускать самоизливания бурового раствора**, скважины тампонировать;
 - своевременно **засыпать горные выработки**;
 - после завершения горных и буровых работ проводить **рекультивацию земель**;
 - располагать магистральные ходы (профили), по-возможности, **вдоль дорог, просек, линий электропередачи**; совмещать пункты наблюдений различных **методов поисков**;
 - **ограничивать езду на** вездеходах и др. гусеничных средствах; исключать беспорядочное движение транспорта по всей территории;
 - **не допускать массового применения буровзрывных работ «на выброс»**;
 - неукоснительно выполнять **требования противопожарной безопасности** при проведении маршрутов, проходке горных выработок и скважин, на местах лагерных стоянок.

3.4. Оценка результатов поисковых работ

- По завершении очередной стадии поисковых работ производится обобщение информации с целью локализации участков для дальнейших исследований, их разбраковки и геолого-экономической оценки.
- Результаты работ оформляются в виде **самостоятельного отчета для стадии «Поисковые работы» либо отдельных глав в отчетах о региональных исследованиях**: полезные ископаемые; закономерности размещения полезных ископаемых и оценка перспектив района.
- Текстовая часть сопровождается комплектом графических и табличных материалов и **базой данных**. **Графические материалы** включают:
 1. **Карты геолого-геофизической изученности** территории.
 2. **Карты фактического материала** (составляются по видам площадных исследований).
 3. Геологические **карты**:
 - **дочетвертичных образований**;
 - **тематические карты** (четвертичных отложений, тектонические, структурные, метаморфизма, палеовулканические, литолого-фациальные, палеогеографические и др.).
 4. **Геохимические** (моно- и полиэлементные), **шлиховые, геофизические**.
 5. **Карты полезных ископаемых**.
 6. **Карты закономерностей размещения и прогноза полезных ископаемых** (минерагенические).Изображенные на минерагенических картах перспективные площади классифицируются по степени перспективности и надежности оценки степени перспективности.

Базы данных

- Ранее созданные *базы данных* (БД) должны быть актуализированы и пополнены. База данных должна содержать информацию, использованную и обосновывающую построение карт, разрезов и характеристик, изложенных в отчете.
- Основной графической компонентой базы данных является карта фактического материала в формате ГИС, включающая:
 - авторские **объекты наблюдения** (точки наблюдения, линии маршрутов, горные выработки), задокументированные в процессе полевых работ;
 - необходимое количество объектов **наблюдения предшественников** (опорные скважины, горные выработки, разрезы, отдельные принципиально важные точки наблюдения);
 - **стратотипы и петротипы** подразделений серийной легенды;
 - **пункты абсолютного датирования**, связанные с таблицами результатов датирования;
 - **точки опробования** на различные виды анализов, связанные с таблицами результатов аналитических определений.
 - **пункты геофизических замеров и результаты измерений.**
- Описание структуры базы включается отдельным текстовым документом в саму БД.

Отчет, графические и табличные материалы и БД представляются на электронных носителях и в аналоговой форме.

Геолого-экономическая оценка результатов поисковых работ

- Ведется **на основе прогнозных ресурсов и браковочных кондиций**.
- **Кондиции** – совокупность экономически обоснованных требований к количеству, качеству полезного ископаемого, к горно-техническим условиям отработки месторождения.
- Действующие на поисковой стадии **кондиции рассчитываются применительно к конкретному геолого-промышленному** типу месторождений **для** так называемых **нормализованных условий**: среднее качество полезного ископаемого, средние запасы, технологические свойства, обеспечивающие средние технико-экономические показатели работы горных предприятий. Эти показатели принимаются по аналогии с эксплуатируемыми месторождениями данного геолого-промышленного типа. При этом учитывается комплекс разнообразных факторов оценки месторождений: физико-географические, географо-экономические, социально-экономические, горно-технические и др.
- **Если** оцениваемый **объект не вполне соответствует** нормализованным условиям, то **вводятся** соответствующие **поправочные коэффициенты**.
- На основе этих данных **прогнозируются** вероятные **капитальные вложения** в строительство горно-промышленного комплекса и показатели экономической эффективности разработки потенциального месторождения.
- Все эти данные **оформляются в виде** технико-экономических соображений (**ТЭС**), которые являются приложением к отчету о поисковых работах.

Методы оценки прогнозных ресурсов

- Все методы оценки прогнозных ресурсов основаны на сопоставлении всей геологической информации **оцениваемого и эталонного объектов**.
- **В качестве эталонных** принимаются:
 - хорошо изученные бассейны, районы, рудные поля и узлы – для ресурсов категории P_3 ,
 - потенциальные месторождения – для категории P_2 ,
 - разведанные месторождения – для категории P_1 .
- Для эталонных объектов должны быть известны геолого-промышленный тип, запасы, состав, коэффициент рудоносности (минерализации) и др.
- Оценка прогнозных ресурсов ведется **в два этапа**:
 - 1) выделение и **оконтуривание объекта прогнозной оценки**,
 - 2) количественная **оценка прогнозных ресурсов**.
- Для одной и той же площади возможна оценка ресурсов по сумме категорий: типа $P_1 + P_2 + P_3$.
- Выбор методов оценки прогнозных ресурсов зависит от стадии ГРР, характера и полноты исходных данных, геолого-структурной позиции, вида полезного ископаемого и т.п.
- Наиболее широко используются:
 - **метод экспертных оценок**;
 - **метод оценки по средней продуктивности**;
 - **методы оценки по литохимическим ореолам рассеяния**.

Метод экспертных оценок и метод оценки по средней продуктивности

• **Метод экспертных оценок.** Независимые эксперты (квалифицированные специалисты в области металлогении, поисков и разведки) на основе анализа территории дают свой индивидуальный прогноз. В дальнейшем частные оценки обсуждаются и корректируются в несколько туров и устанавливаются наиболее правдоподобные. Недостатком метода является возможный субъективизм и корпоративность при выборе оценок.

• **Метод оценки по средней продуктивности.** Заключается в экстраполяции закономерностей размещения полезного ископаемого, факторов контроля и критериев рудоносности эталонной территории на оцениваемую с учетом степени сходства. Прогнозные ресурсы (Q_p) определяются по формуле:

$$Q_p = k \cdot q_3 \cdot V_o$$

где V_o – объем оцениваемого объекта: $V_o = S_o \cdot M_o$ (S_o , M_o – соответственно площадь и мощность оцениваемого объекта);

$q_3 = Q_3 / V_3$ – средняя удельная продуктивность (Q_3 – прогнозные ресурсы эталонной территории; V_3 – объем эталона, в котором оценены ресурсы);

k – коэффициент сходства оцениваемой территории и эталона.

Чем ближе значение k к единице, тем больше степень сходства. В качестве удельной продуктивности могут выступать: масса полезного ископаемого, компонента, минерала на единицу объема; число рудных пластов, жил, жильных зон на единицу площади и т.п.

Метод является наиболее распространенным.

Метод оценки прогнозных ресурсов по первичным ореолам рассеяния

- Основан на корреляционной связи между продуктивностями ореолов и коренных скоплений. Предложен А.П. Солововым.
- Прогнозные ресурсы на заданную вероятную глубину (H) определяются по формуле:

$$Q_H = \eta \cdot \alpha \cdot \frac{P}{40} \cdot H,$$

где P – площадная продуктивность ореола: $P = S(C_x - C_{\phi})$;
 C_x – среднее содержание элемента в ореоле, C_{ϕ} – фоновое содержание;
 η – коэффициент, учитывающий уровень денудационного среза;
 α – коэффициент, выражающий долю кондиционных запасов элемента в контуре первичного ореола.

- При оценке η должны использоваться все геологические данные, а также индикаторные отношения мультипликативных надрудных и подрудных ореолов. Для незэродированных рудных тел $\eta = 1,0$, для слабо эродированных $\eta = 0,8$, для средне эродированных $\eta = 0,6$.
- Коэффициент α выбирается на основе опытно-методических работ. При их отсутствии можно рекомендовать (Инструкция по г/х методам..., 1983) для скарново-шеелитовых, скарново-полиметаллических, колчеданно-полиметаллических $\alpha = 0,3$; для жильных золото-кварцевых месторождений $\alpha = 0,2$ и т.д.

Метод оценки прогнозных ресурсов по вторичным ореолам рассеяния

- Используется та же формула, что и для первичных ореолов, но добавляется еще один коэффициент пропорциональности k :

$$Q_H = k \cdot \eta \cdot \alpha \cdot \frac{P}{40} \cdot H,$$

где k – коэффициент, равный отношению продуктивностей во вторичном и первичном ореоле.

Коэффициент устанавливается на основе опытно-методических работ или по литературным данным.

В условиях гумидного климата для тяжелых устойчивых металлов (Au, Pt, W, Sn) $k < 1$, для растворимых металлов – $k > 1$.

В условиях аридного климата для устойчивых тяжелых металлов $k \approx 1$, для растворимых металлов $k < 1$.

Для условий равнинного рельефа с замедленной денудацией, где наблюдаются погребенные ореолы, значение k для разных металлов может колебаться в очень широких пределах: от $k \ll 1$ до $k \gg 1$.

- Оценка прогнозных ресурсов по потокам рассеяния, гидрохимическим, атмохимическим, биохимическим ореолам ведется по аналогичным формулам с использованием специальных коэффициентов, обеспечивающих переход от первичных ореолов рассеяния ко вторичным.