

**Восточно-Казахстанский технический университет
им. Д. Серикбаева**

**Основы методики поисков и разведки
месторождений благородных металлов.
Технология проведения геологоразведочных работ
при поисках и разведке месторождений
благородных металлов**

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

Б. Дистанционные

Наземные методы ПОИСКОВ

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.

Поисковые предпосылки и признаки

- **Структурные предпосылки** определяются размещением золоторудных проявлений в пределах крупных зон разрывных нарушений, представляющих собой участки с многоэтапным развитием тектонических процессов, выражающиеся в многофазности магматизма и перемещениях, прослеживающихся на всем протяжении нижнего палеозоя. Эти зоны контролируют пространственное положение крупных интрузивных массивов, субвулканических интрузий поясов, вулканических аппаратов и продуктов их гидротермального метаморфизма. Рудные залежи пространственно тяготеют к оперяющим разрывам более высокого порядка. Наиболее благоприятными участками для локализации золотого оруденения являются узлы их сопряжения, пересечения или места их сочленения с региональными разломами. Наблюдаются также случаи формирования продуктивных тел вдоль кольцевых и полукольцевых тектонических трещин, повторяющих своим расположением по всей величине их концентрические контуры верхнепалеозойских рудогенерирующих магматических очагов, скрытых, как правило, под накоплением магматических вулканических продуктов. Связь рудных тел с элементами разрывной тектоники определяется их морфологией, в большинстве своем это прямолинейные или плавно извилистые жилы. В меньшей мере присутствуют дугообразно-изогнутые, ветвящиеся жилы с неправильной конфигурацией. Среди морфологических разновидностей рудных тел наблюдаются сплошные прослеживающиеся вдоль разлома до полного их выклинивания линзующиеся тела. В других случаях встречаются зоны трещиноватости с преобладающим прожилковым окварцеванием штокверкового характера. Золотосодержащие массивы вторичных кварцитов формируются обычно в узлах пересечения разломов нескольких направлений, и образуемая при этом тектоническая «решетка» обуславливает их размеры и конфигурацию. В процессе проведения поисковых исследований в районе, выделяются крупные золотоносные разрывные структуры первого порядка, внутри них устанавливаются рудоподводящие разрывы второго и рудоподводящие тектонические трещины третьего порядков.

Поисковые предпосылки и признаки

- **Магматические предпосылки** выражаются в пространственной связи золотоносных массивов и зон гидротермально измененных пород с площадями, выделяющимися повышенной степенью активности магматизма, его интенсивностью и многофазностью. Этапность магматических процессов находит свое выражение не только в наличии разновозрастных магматических комплексов и различных фаз внедрения, но и в пульсационных инъекциях и широко развитого в районе магматизма, с которым обнаруживает связь (как пространственную, так и генетическую) золоторудная формация. Касаясь вопроса о дайках, следует подчеркнуть их роль в качестве косвенной поисковой предпосылки, поскольку площади главных золоторудных объектов, как правило, «насыщены» ими.
 - **Стратиграфо-литологический** фактор контроля оруденения выражается в пространственной приуроченности золоторудных объектов к площадям развития андезитовой (в меньшей степени – трахитовой) формаций среднего верхнего карбона и генетической связи золота с заключительным, гидротермальным, этапом магматизма. По времени, образование золоторудной формации совпадает с периодом максимальной активизации вулканических процессов, отмечаемой в конце карбона. При рассмотрении литологических особенностей золотого оруденения важно остановиться на характеристике **гидротермально-измененных пород района**. Среди них можно выделить вторичные кварциты и адуляр-кварцевые породы.
- Формация вторичных кварцитов** (в понимании А.М. Смирнова, 1969г) подразделяется на 2 субформации: апоинтрузивную и апоэффузивную. Первая сложена преимущественно высокотемпературными фациями: корундо-андезиновой, диаспоровой, мусковит-кварцевой. Для апоэффузивной субформации характерно преобладание низкотемпературных минеральных фаций: каолинитовой, кварц-сиенитовой, алунитовой. Более интересными на золото являются апоэффузивные вторичные кварциты, вмещающие проявления золота (Караоба, Туетас, Сулушоки).

Поисковые предпосылки и признаки

Адуляр-кварцевые породы – наиболее продуктивные на золото. Своеобразные по своему строению, в генетическом смысле они занимают промежуточное положение между апоэффузивными вторичными кварцитами и обычными кварцевыми жилами выполнения.

Со вторичными кварцитами ее объединяют следующие признаки:

- 1) Тесная пространственная и генетическая связь с верхнепалеозойским вулканизмом.
- 2) Наличие метасоматической зональности, отвечающей ходу последовательного выщелачивания пород.
- 3) Сходство в вещественном составе руд, выражающиеся в присутствии кварца, серицита, иногда алунита. Из аксессуаров встречаются циркон, апатит, ортит, рутил и лейкоксен.
- 4) Руды зачастую имеют микрогранобластовую структуру и сохраняют реликты исходной породы. В таких случаях эдуктами служили пирокласты, взрывные брекчии и туфоалевролиты (месторождение Таскора), дацитовые порфиры (Рамсей), трахитовые порфиры (Алынтас, Жаркимбек, Сарытас).

Формация адуляр-кварцевых пород имеет много общих черт с кварцевыми жилами выполнения. На это обстоятельство указывают следующие факторы:

- 1) Четкая приуроченность золотоносных тел к зонам разрывных нарушений, обуславливающих их морфологию (линейные, четко- и ветвящиеся жилы, линзы, штокверки и т.д.)
- 2) Минералогически, в ассоциации с кварцем присутствуют адуляр, барит, кальцит, флюорит (ассоциация, типичная для жил заполнения). Важной особенностью вещественного состава рудных тел является наличие адуляра, количество которого варьирует в широких пределах – от 0 до 30% объема породы. Адуляр проявляется в форме ромбовидных и неправильных микрозерен размером от 0,04мм.
- 3) Проявление брекчиевых, кокардовых, полосчатых, фестоновых, крустификационных текстур, колломорфных, гребенчатых структур. Взаимоотношение этих текстурно-структурных особенностей, свойственное выполнению открытых полостей, с массивными и гранобластовыми метасоматическими текстурами и структурами кварца, «наложенное», т.е. свидетельствующее о теле гидротермальных растворов. В этом наглядное подтверждение внутренней противоречивости и диалектического единства метасоматоза (замещения) и выполнения пустот (при открывании полостей в результате интерминерализационных тектонических подвижек) в ходе единого проявления гидротермального процесса.

Поисковые предпосылки и признаки

• **Минералого-геохимические особенности.** Как отмечено выше, основная масса золота сосредоточена в кварцевой (адуляр-кварцевой) зоне в метасоматической колонке рудных тел и, в целом, подчинена общему балансу кварца (адуляра и кварца). Возможно, что среди золоторудных образований района имеет место прямая зависимость содержания золота от количества адуляра, установленного на примере рудопроявлений Узунтас, Кургантас, а также зоны №1 Таскоринского месторождения, вызванная, по-видимому, в придании адуляром роли щелочной среды, выполнявшей функцию нейтрализации кислых рудных растворов с выделением из них самородного золота. Отложение золота относится к поздним стадиям минералообразования, значительно позднее кварца и ранних сульфидов. Наиболее близкой по времени отложения к золоту является ассоциация позднего пирита, халькопирита, сфалерита, галенита, молибденита и редко встречающихся алтаита и аргентита. Указанная минеральная ассоциация является продуктивной на золото. Состав и количественные соотношения составляющих ее минералов могут меняться, но при равных других факторах контроля оруденения «полисульфидность» руд свидетельствуют о проявлении золотой минерализации. Таким образом, участки с повышенным содержанием серебра, молибдена, свинца, цинка, меди (элементов-спутников золота) заслуживают особого внимания при детальном поисково-оценочных работах. Количества золота чувствительно реагируют и на текстурные особенности самого кварца, приобретая аномальные значения с появлением брекчиевых, колломорфных –полосчатых текстур и т.д.

Поисковые предпосылки и признаки

Поисковые признаки. Все известные рудные залежи сопровождаются ореолами околорудно-измененных пород. Эти ореолы могут служить индикатором нескрытого на современной эрозионной поверхности слепого оруденения. Околорудные изменения рудовмещающих образований выражено в пропилитизации, адуляризации, окварцевании, серитизации и каолинизации.

При поисках золоторудных проявлений следует учитывать также геоморфологический признак. В большинстве своем золотоносные жилы и массивы гидротермально измененных пород, обладая избирательной способностью к воздействию процессам выветривания, выделяются в рельефе в виде гряд, гривок и сопок, возвышающихся над выположенным пространством окружающих рудовмещающих толщ. Но встречаются также золотоносные зоны с повышенной трещиноватостью и сульфидной минерализацией, образующие депрессионные, линейные равнинные формы рельефа. Гидрогеологический признак выражается в том, что водные источники часто располагаются линейно. Это указывает на наличие разломов, зон дробления и позволяет выявить структурные поисковые предпосылки, с которыми связывается золотое оруденение.

Ботанический признак – линейное расположение более развитых и более зеленых травянистых растений, а также кустарников караганы в условиях полупустынной ландшафтно-географической зоны, охватывающей весь район, имеет то же значение, что и вышеотмеченное линейное расположение водных источников.

Из обзора различных поисковых предпосылок и признаков на золото можно выделить в качестве ведущего тектоно-магматический фактор, имеющий решающее значение на раннем этапе поисковых исследований. В то же время нельзя не учитывать и значения других признаков.

На стадии проведения оценки, выявленных золоторудных участков роль указанного фактора выражается в определении закономерностей пространственного размещения рудных тел, как по поверхности, так и на глубину. При детальном изучении оруденелых зон и рудных тел, определении и контуров и параметров, повышается роль минералого-геохимических, текстурно-структурных и других факторов.

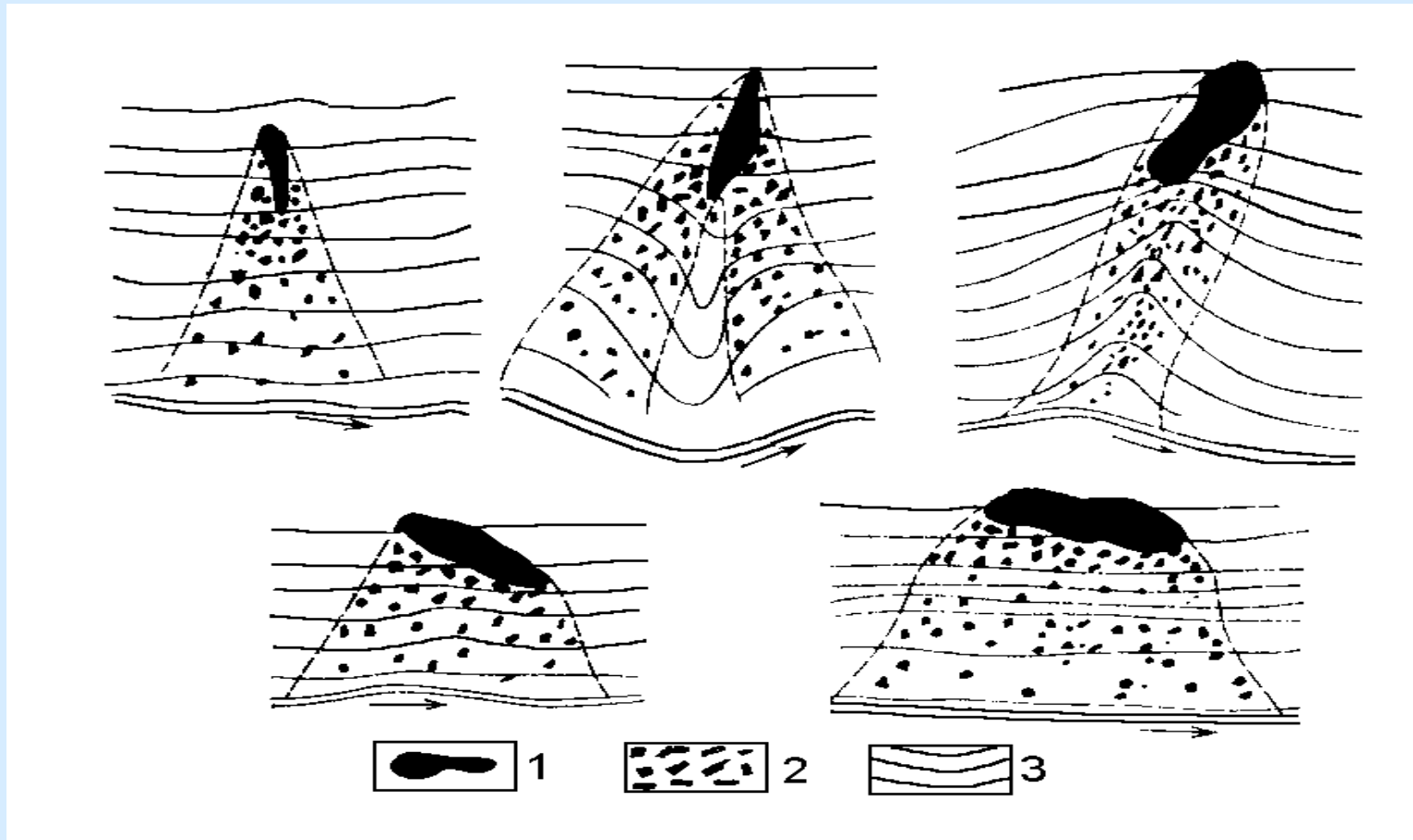
Таким образом, важнейшим и необходимым элементом эффективности поисково-разведочных работ на золото в районе служит комплексное использование всех рассмотренных поисковых критериев, заслуживающих дальнейшей разработки.

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

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 (прекращения) дальнейших исследований.

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

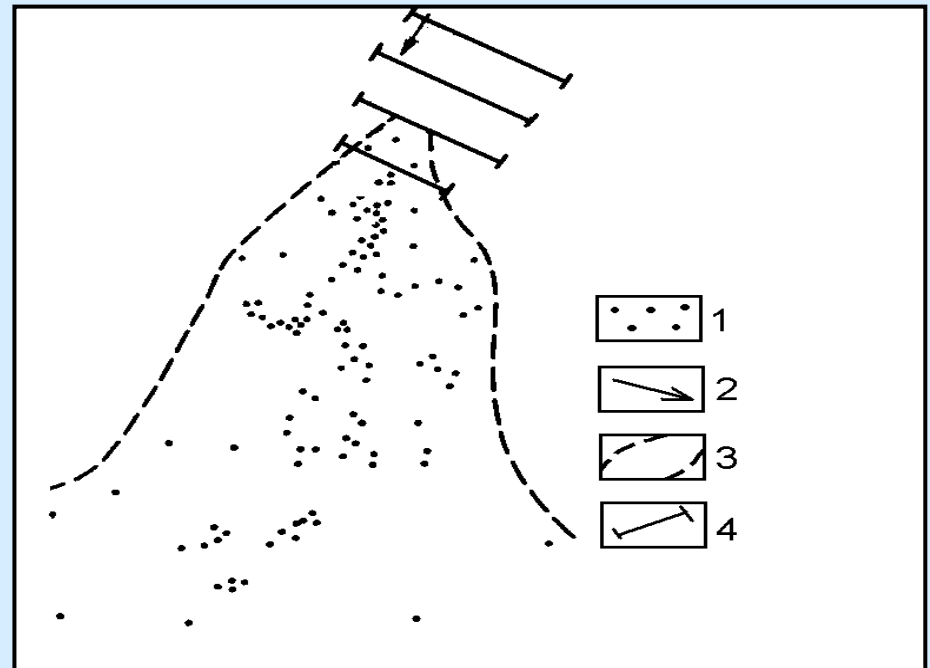


1 – рудное тело; 2 – ореол рассеяния; 3 - топогоризонталы

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.

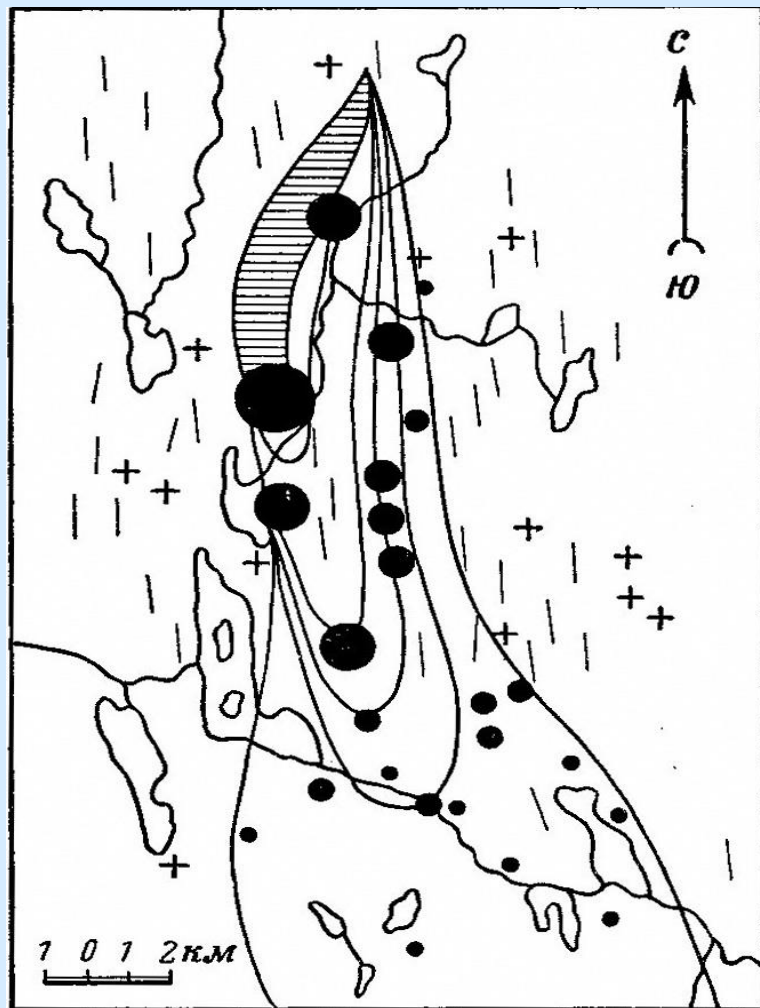


Валунно-ледниковый веер (по В.В. Аристову и др., 1989).

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.

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.

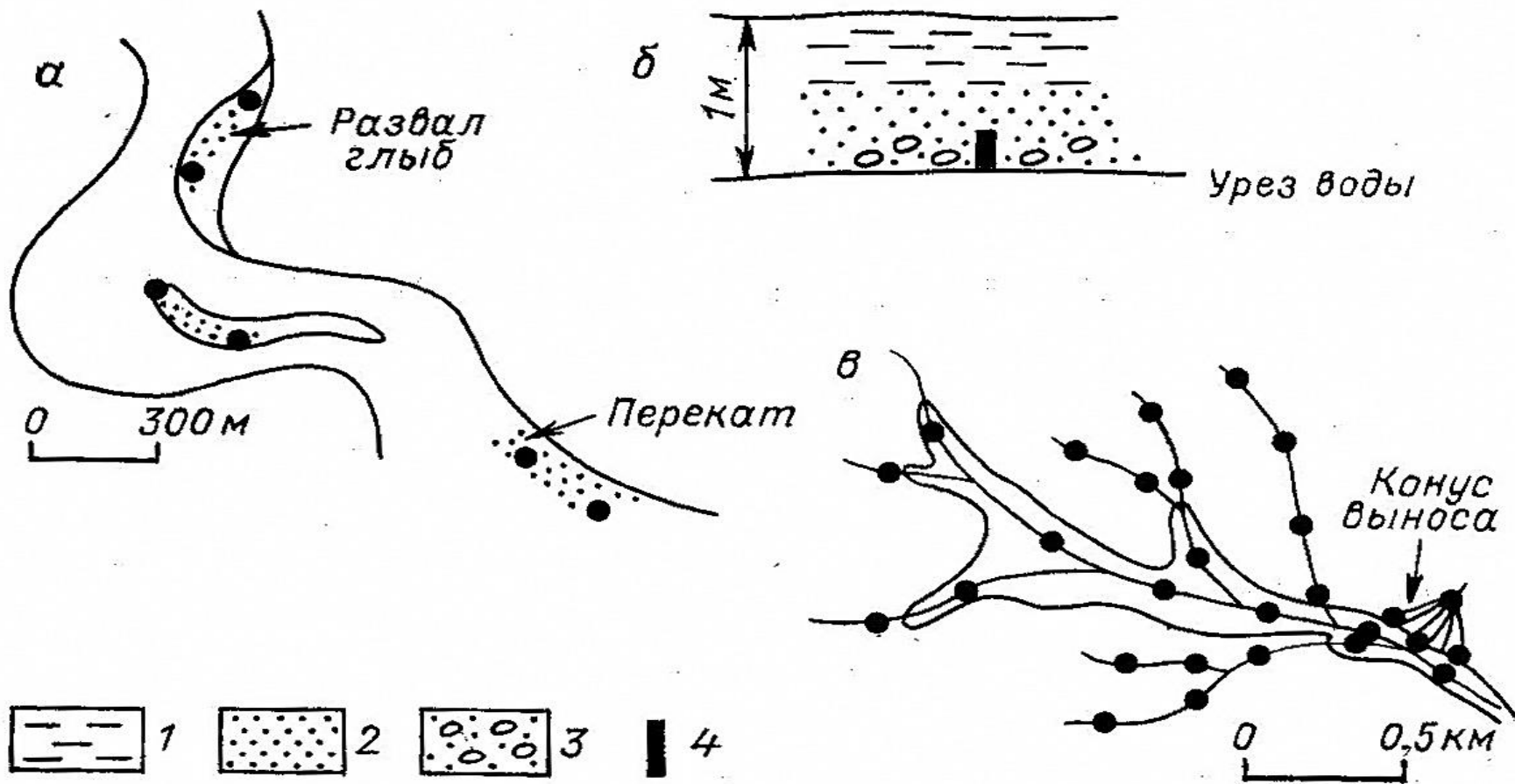
Масштаб поисков	Расстояние между пробами, м	Количество проб на 1 км ²
1:50000	200 – 500	1 – 5
1:25000	100 – 200	25 -100
1:10000	50 – 100	120 – 250
1:5000	25 – 50	250 – 500
1:2000	10 - 25	500 и более

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)



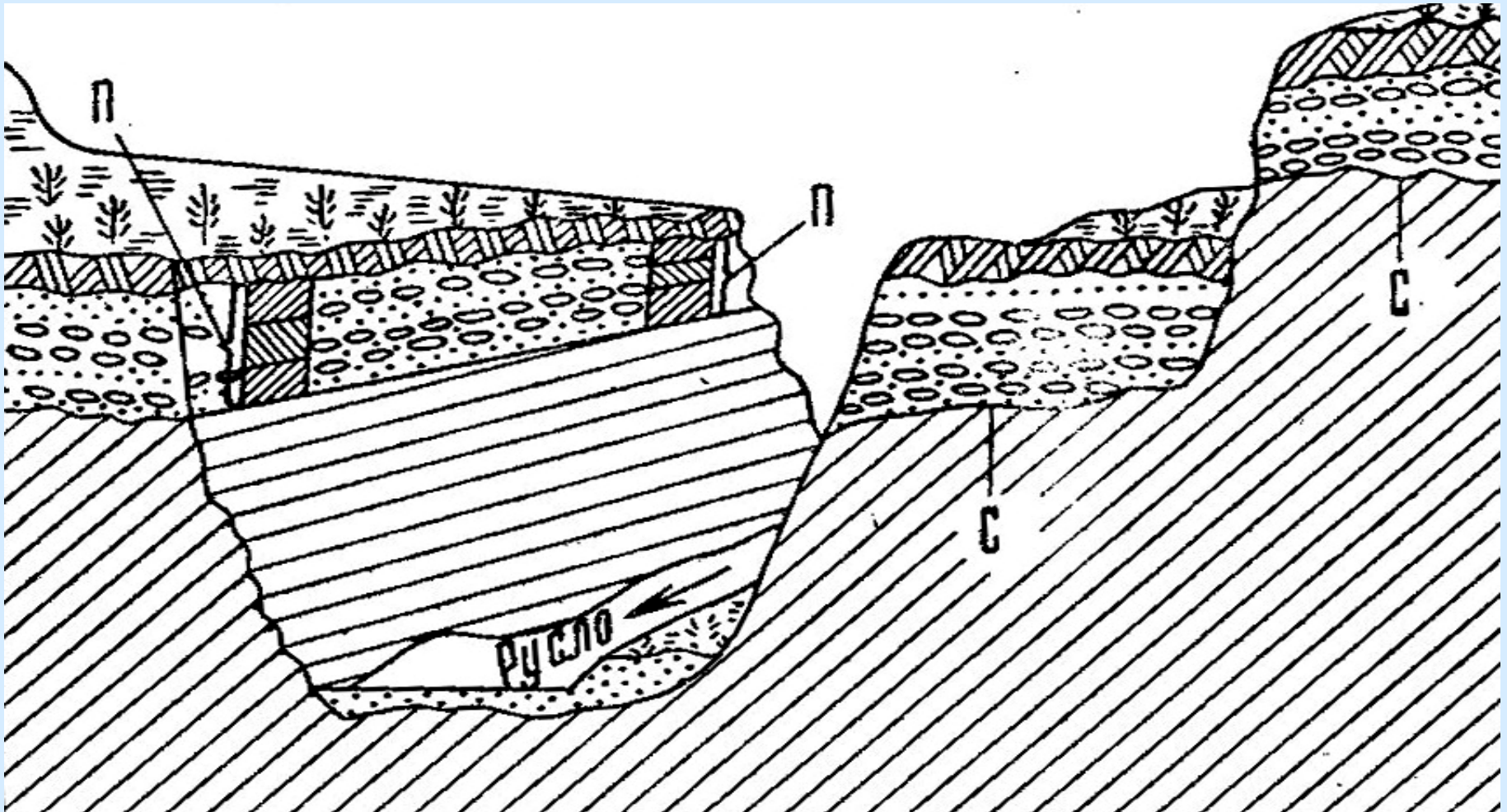
а, б – места отбора русловых проб; в – места отбора проб по гидросети. 1 – глины; 2 – пески; 3 – пески с галькой; 4 – место отбора пробы

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 секционное 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» шлих подвергается сушке и помещается в бумажную капсулу.

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



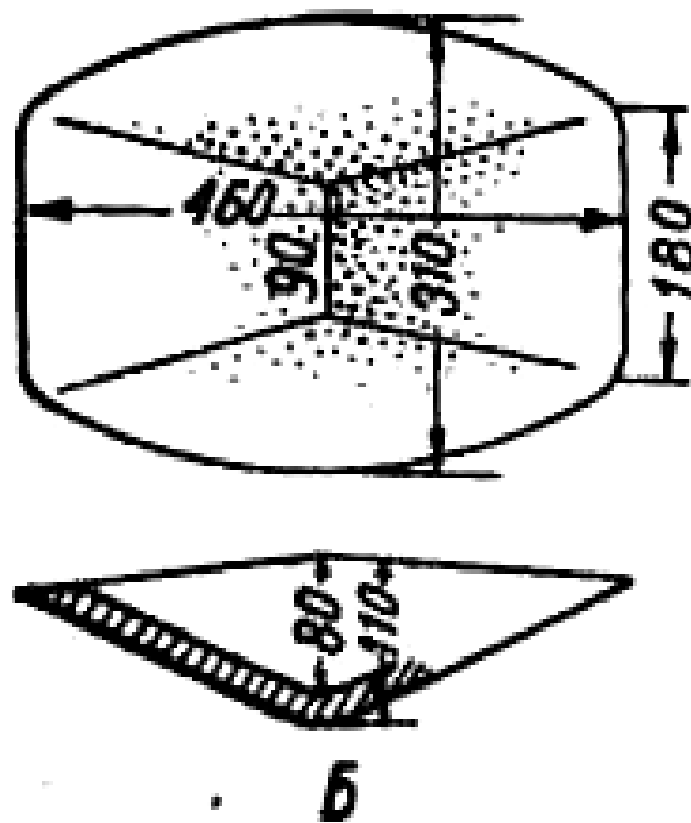
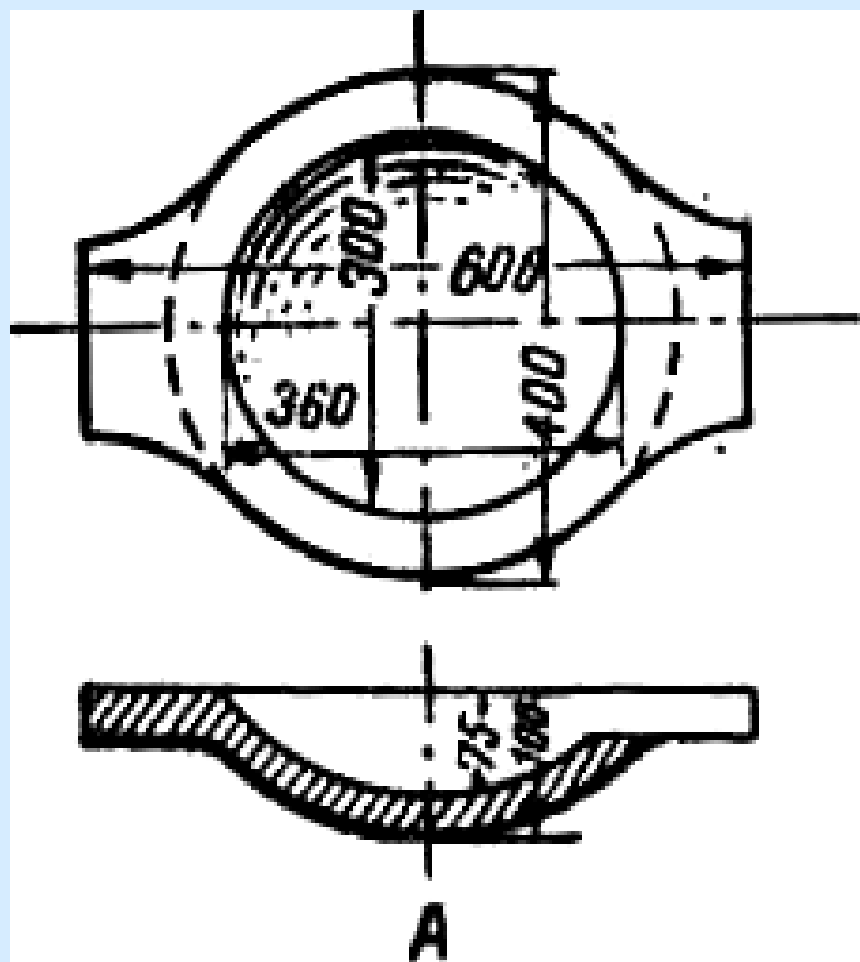
Шейкер

(westafgeo.com/technique/html)



Шейкер – грохот с ручным приводом, представляет собой набор сит размером: 50-60x70-80 см с высотой бортов 15 см и диаметром ячеек: 8; 4; 2; 1(0,5) мм.

Лоток сибирский (А) и лоток корейский (Б)



Промывка шлиховой пробы в лотках
*Справа - проф. Б.М. Осовецкий, слева –
доц. К.П.Казымов (ПГУ)*



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

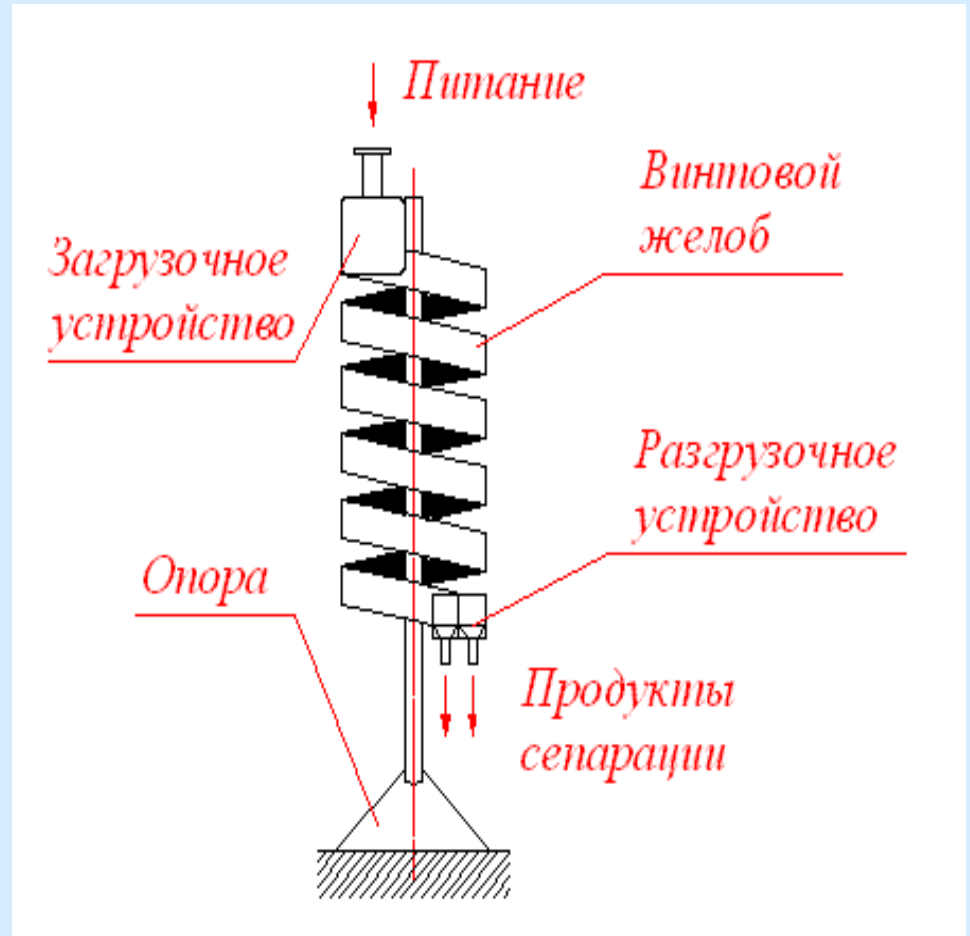
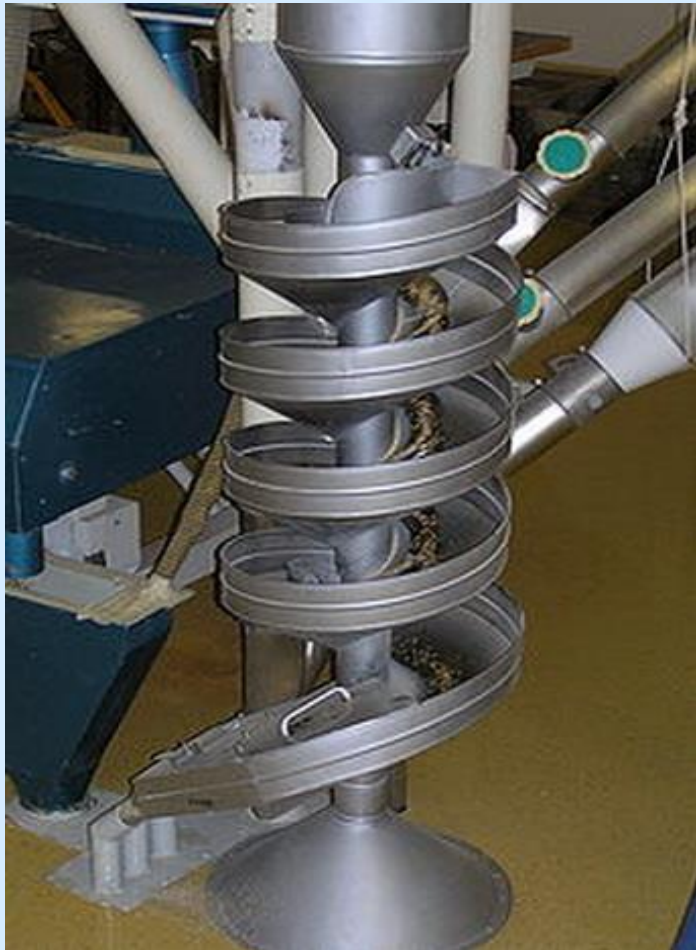


Доводка до «серого» шлиха



Винтовой сепаратор (ru.wikipedia.org)

Слева – общий вид, справа – схема строения



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



Обогатительный комплекс сотрудников ПГУ (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.

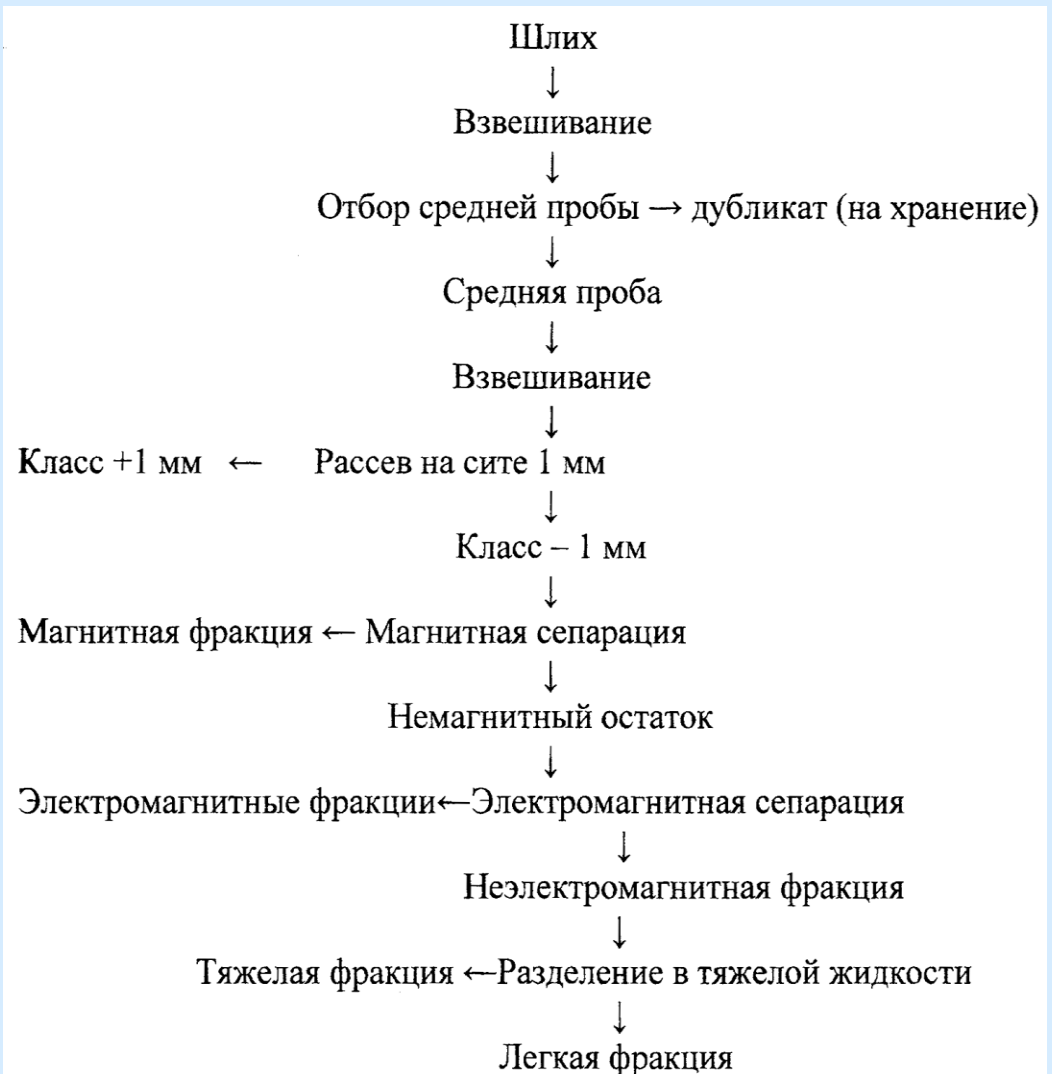
Форма журнала шлихового опробования

№ 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

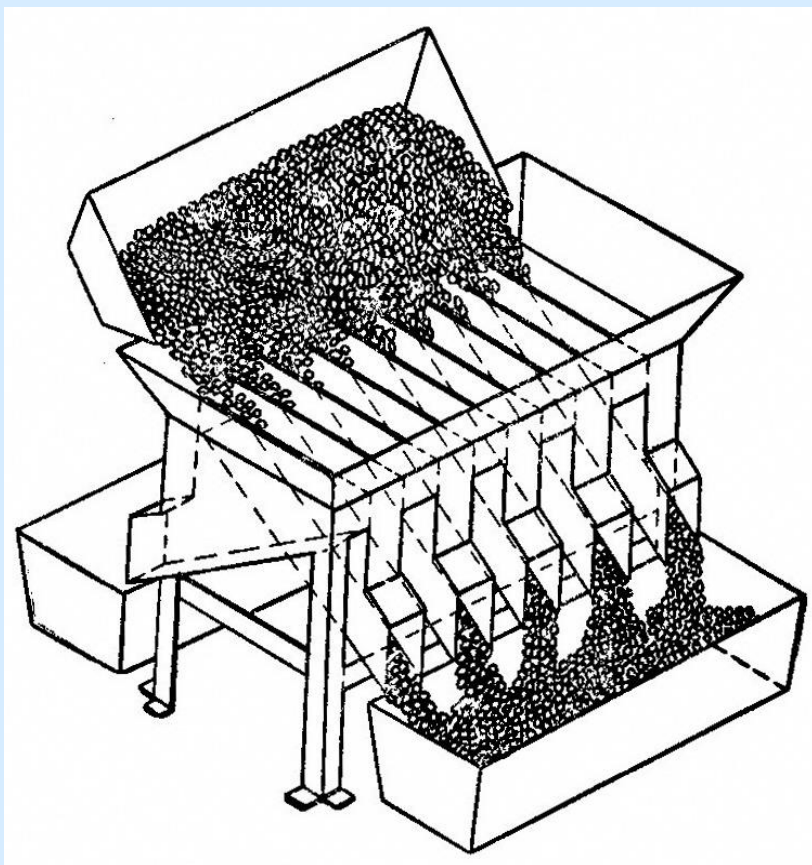
- «Серые» шлихи (концентраты шлюзов) перед исследованием подвергаются фракционированию.
- Отбор средней пробы производится делителем Джонса или способом квартования.
- Магнитная сепарация осуществляется с помощью постоянных магнитов; электромагнитная сепарация – с помощью электромагнитов; разделение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



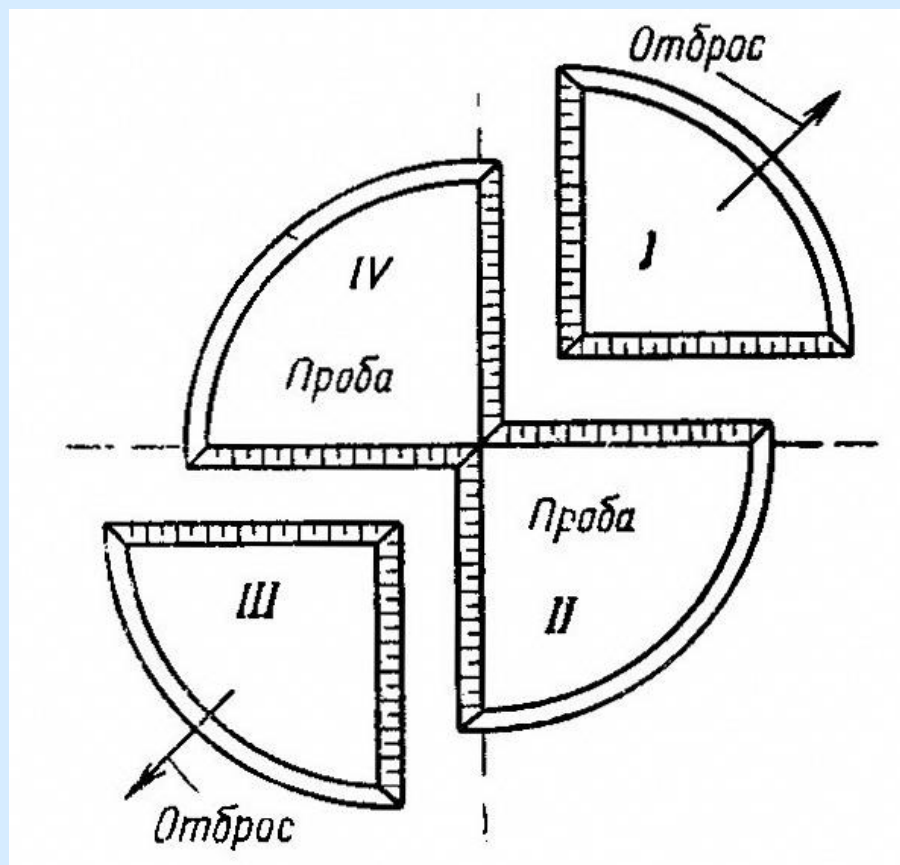
Отбор средней (представительной) пробы

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).

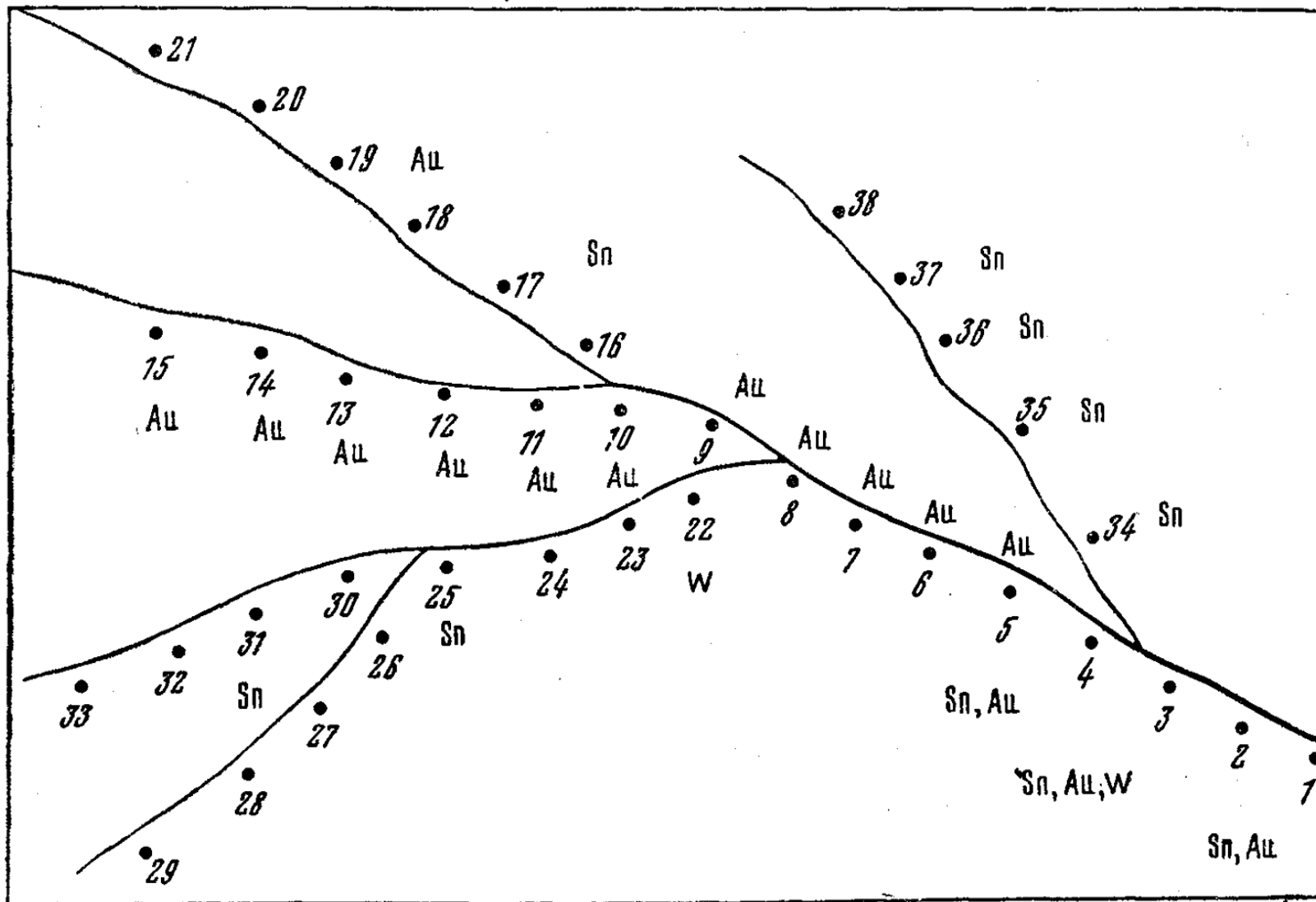
• На основе пересчетов с учетом массы исходной пробы определяется **содержание минерала в г/м³, мг/м³, кар/м³** (реже в масс. или объемн. %).

• При поисках в качестве количественной характеристики часто используют единицу: количество знаков в пробе. Знак (ЗН) – зерно минерала независимо от его размера.

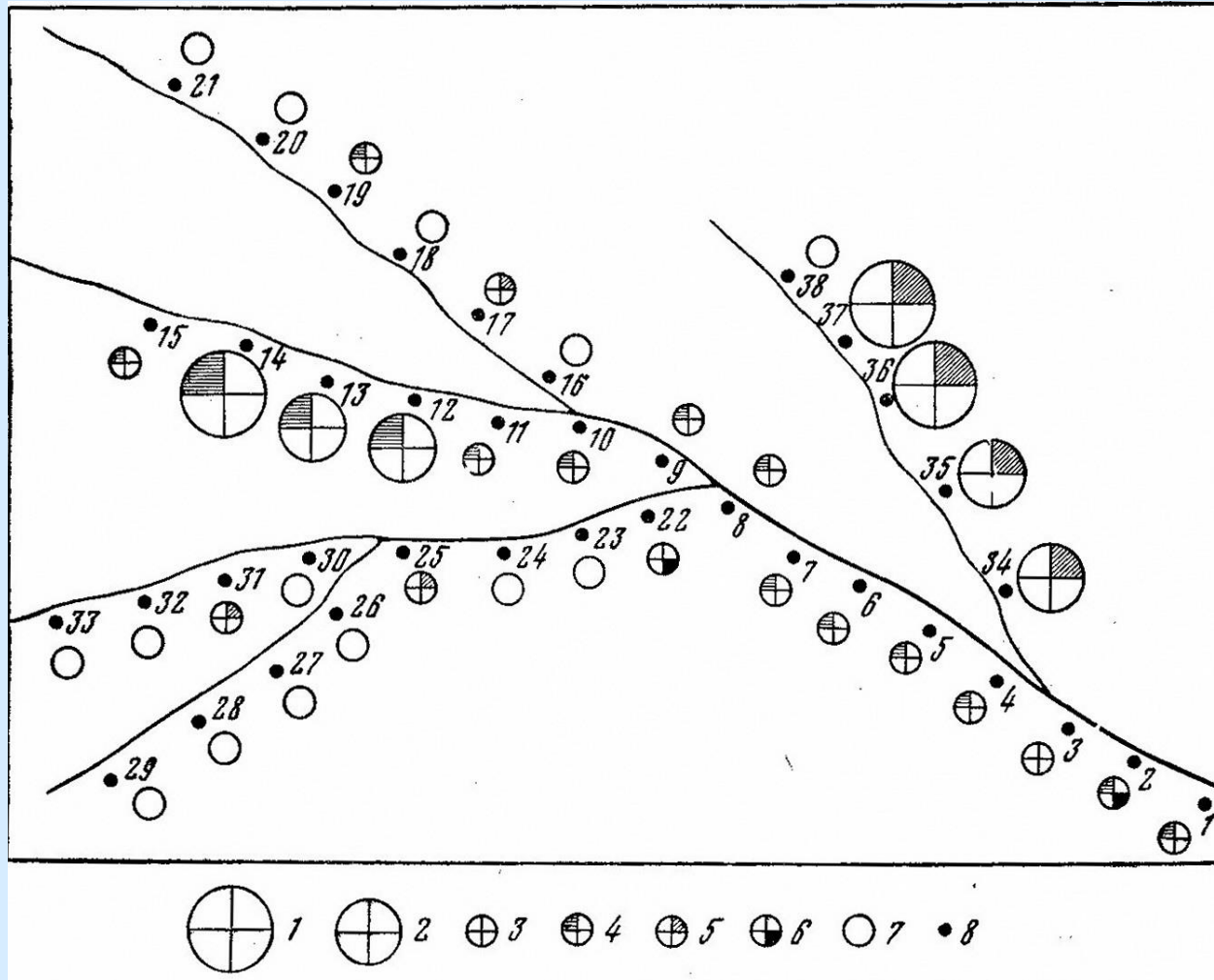
7. Обобщение результатов опробования

- 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)



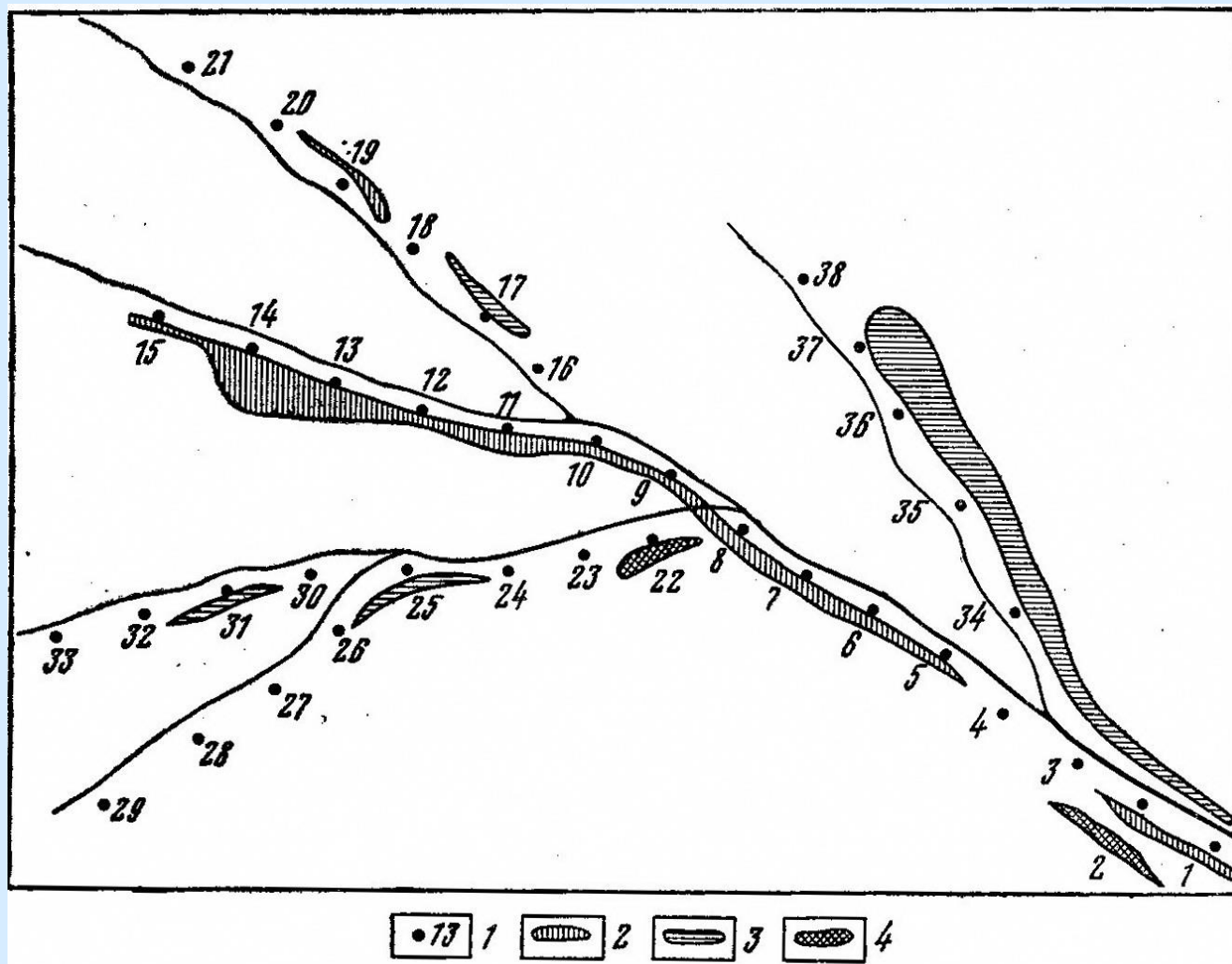
Кружковая шлиховая карта (по Е.О. Погребицкому и др., 1977)



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

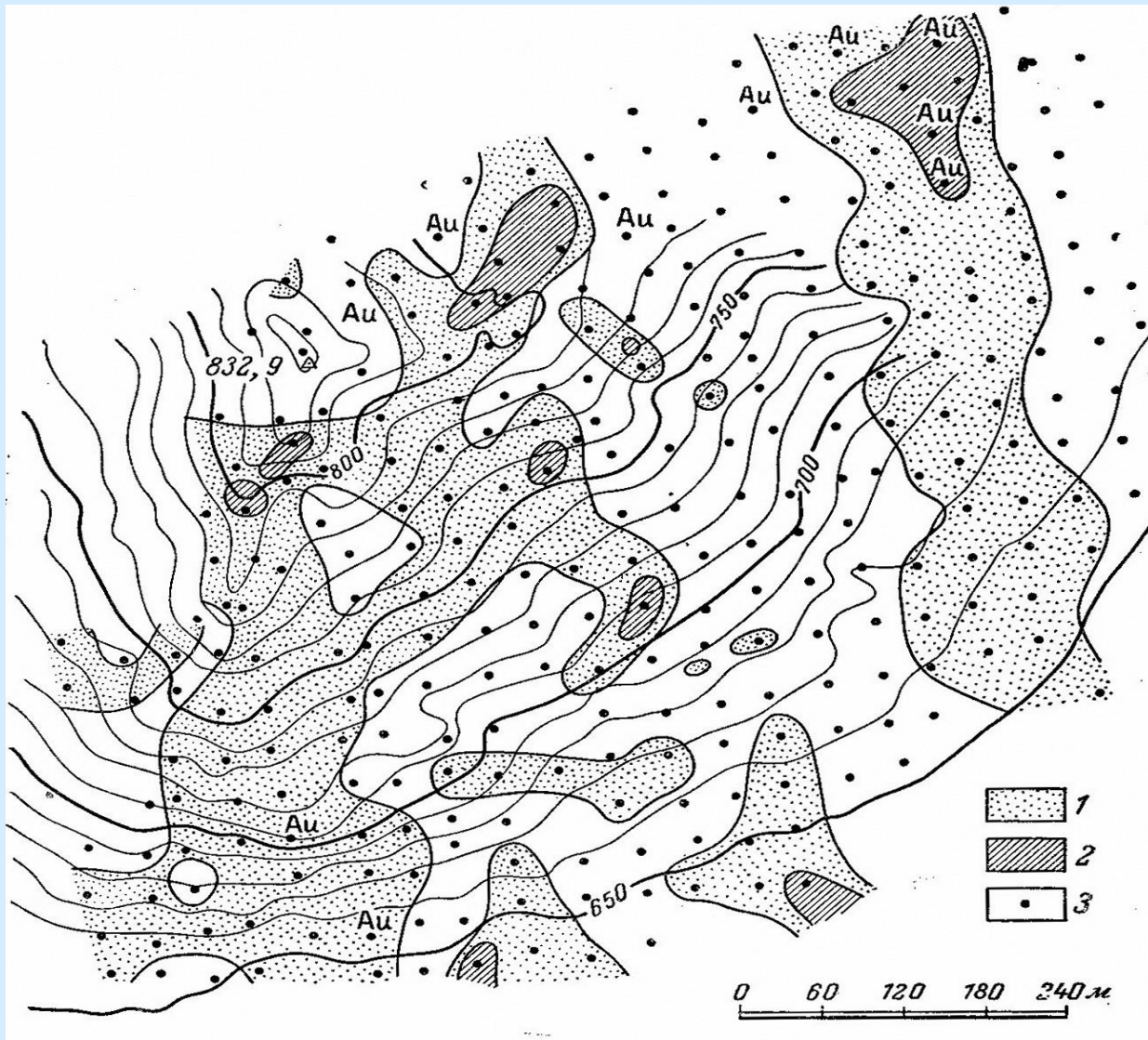
(по Е.О. Погребицкому и др., 1977)



- 1 – номер и место взятия пробы;
- 2 – золото;
- 3 – касситерит;
- 4 - шеелит

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%;

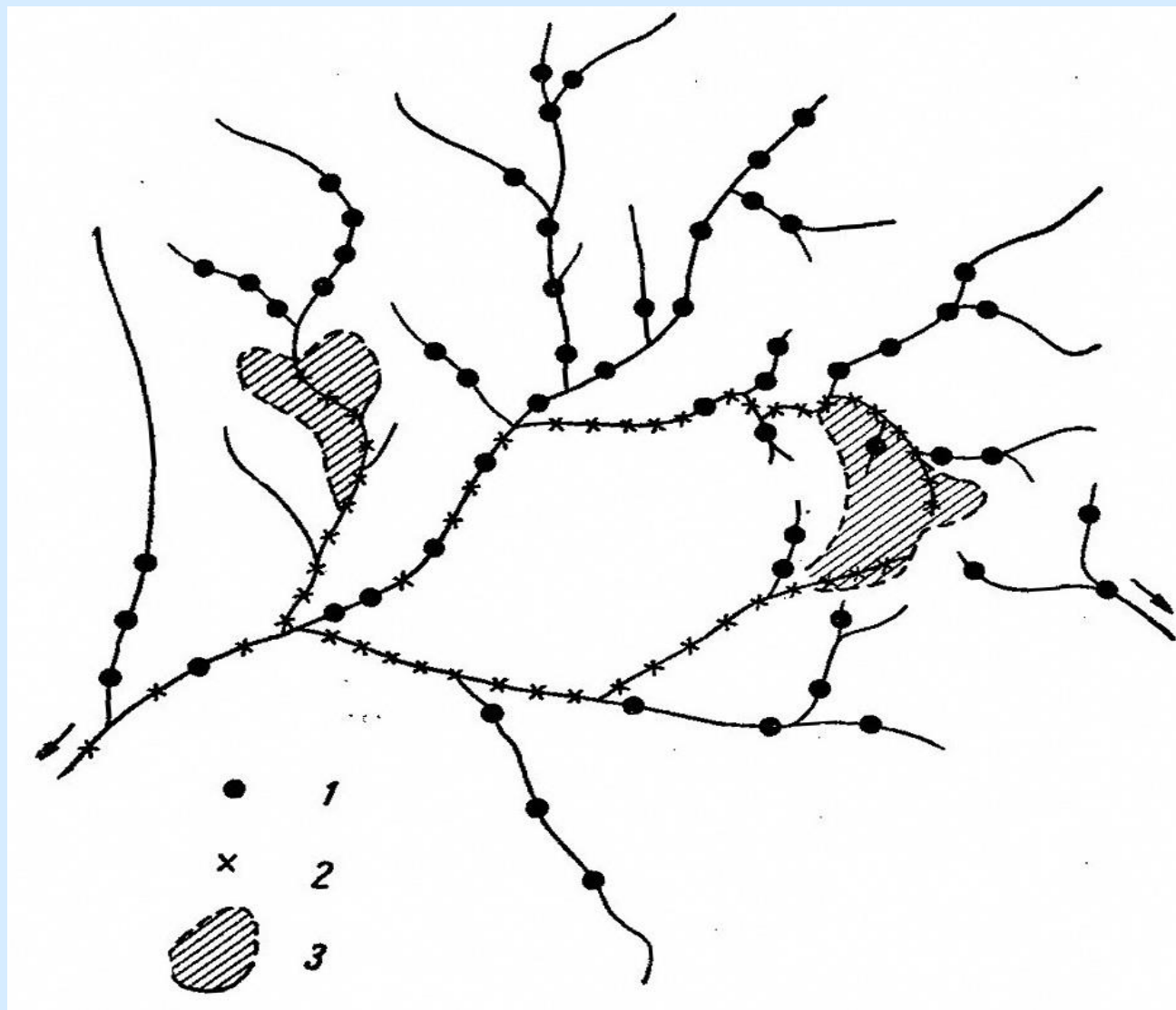
3 – места отбора
шлиховых проб;

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).

3. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ

Применение геохимических методов поиска золота позволяет выявлять различные аномалии-индикаторы месторождений в атмосфере, биосфере, литосфере и гидросфере.

Группировка геохимических методов поисков

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

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 детальных исследованиях 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

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.

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.

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 рельефа: 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

Обработка проб

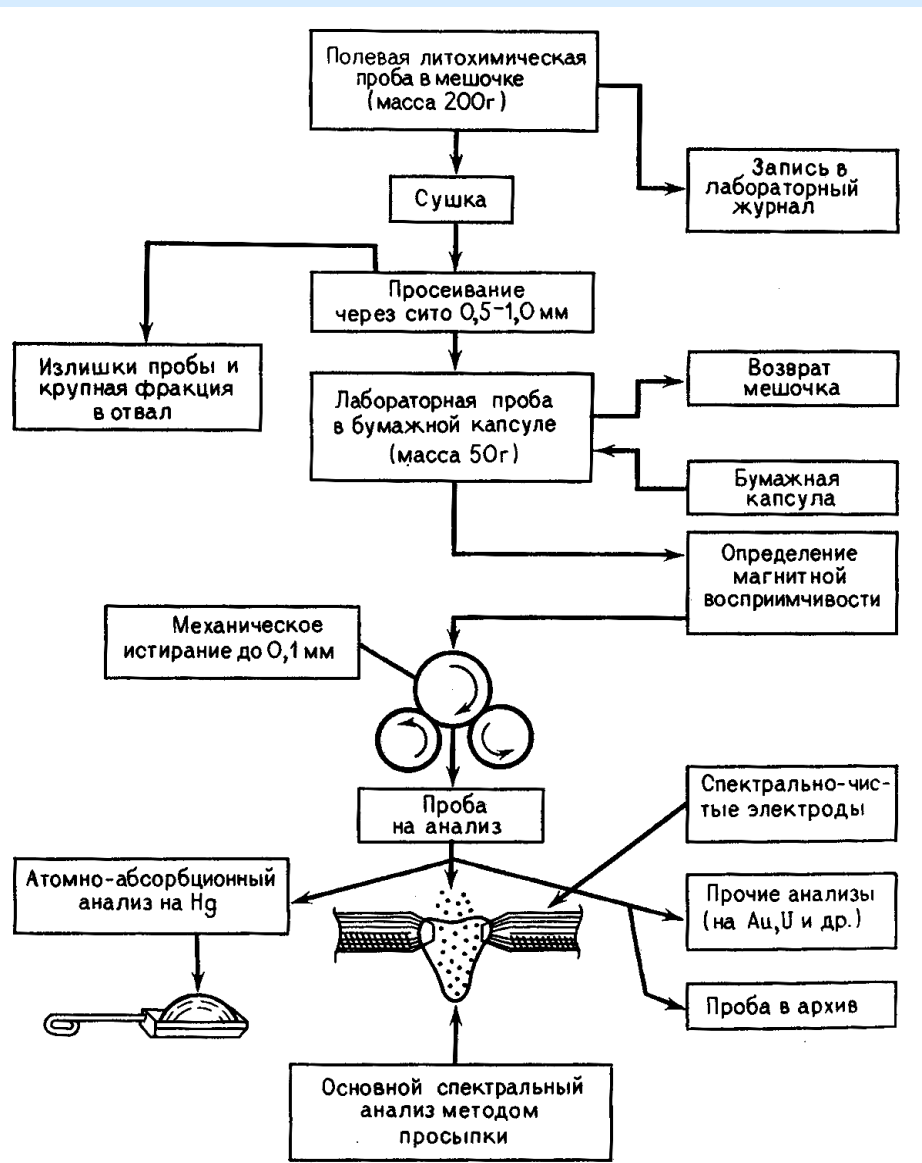


Схема обработки и анализа литохимических проб

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!

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.

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

• Шлиховой метод

Достоинства	Недостатки
<p>1. Высокая надежность исходной пробы.</p> <p>2. Высокая чувствительность</p> <p>3. Устанавливаются минеральные формы нахождения, (возможность установить генезис оруденения).</p> <p>4. 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. Гидрогеохимический метод

Гидрогеохимический метод исследует пробы химических элементов в подземных и поверхностных водах участка. По результатам опробования на основе элементов-индикаторов оруднения определяются ореолы изменённого состава подземных вод, образованных вокруг рудных тел.

4. Атмогеохимический метод

Атмогеохимический метод исследует распределение газов в подземной и приземной атмосфере. Ореолы скрытых на глубине рудных месторождений можно определять по парам ртути, гелия и других элементов в воздушной среде.

5. 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 в 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.

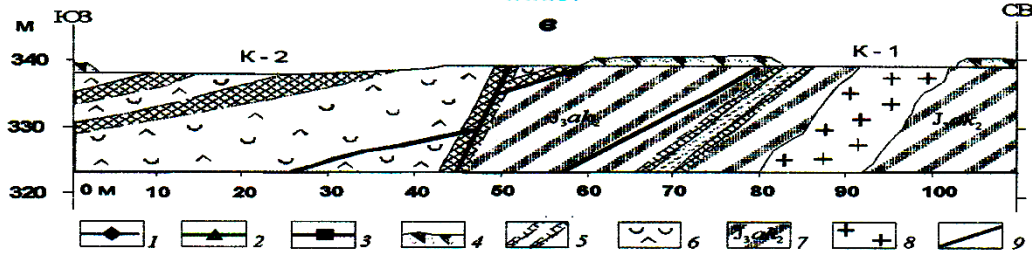
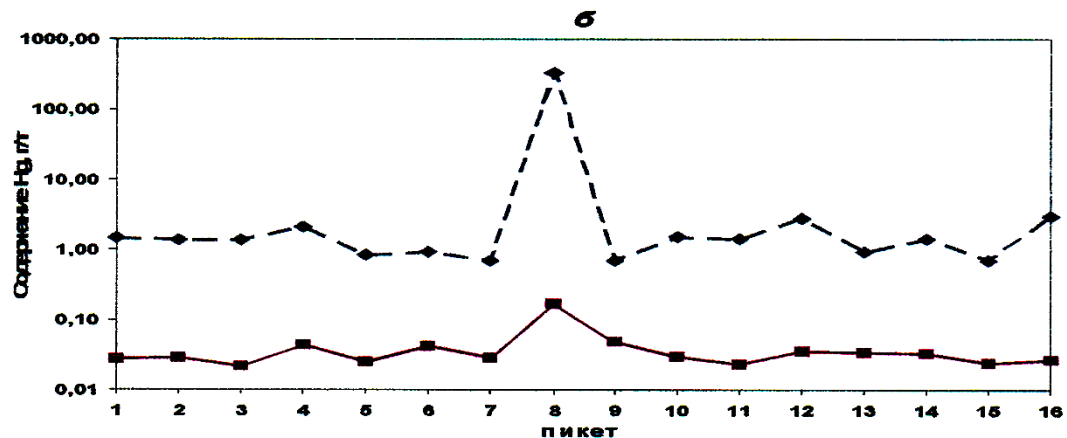
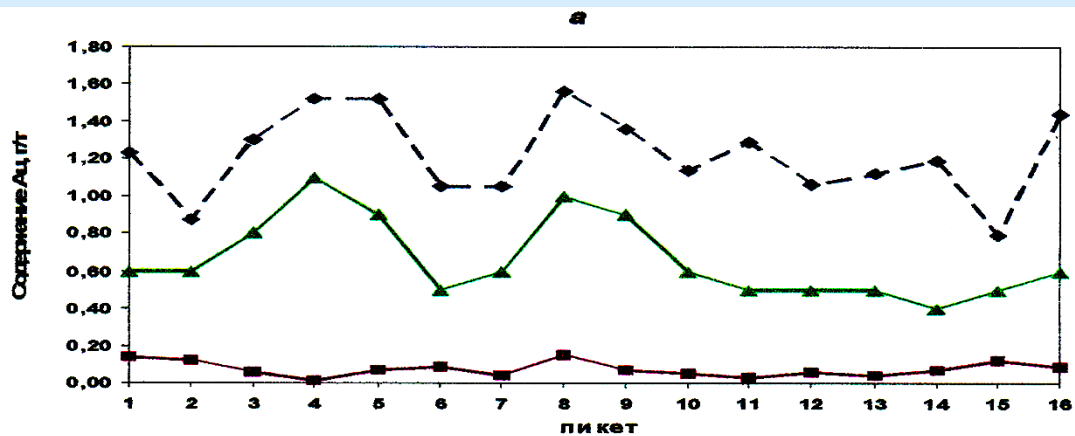
Обработка и анализ проб

- **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

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.

- **Гравитационная разведка.** Суть метода заключается в разности плотностей руды и вмещающей породы. На основе измерений показателей ускорения свободного падения вычисляется неоднородность плотности залежей. В комплексе с другими способами гравиразведка позволяет получить более детальное представление о глубинном строении горизонтов.
- **Сейсморазведка.** Искусственно созданные сейсмические волны (как правило, взрывными работами) позволяют определить местонахождение залежей золота по особому распространению упругих волн. В золотодобывающей сфере сейсморазведка применяется редко, обычно применяется для глубинного геологического картирования.
- **Магниторазведка.** Применение этого способа позволяет находить золотоносные участки по неодинаковой намагниченности руды и горной породы. Суть метода в следующем: через толщу породы пропускаются электроды с постоянным током, при смене напряжения на рудных участках меняется сопротивление. По точкам колебания и определяется точное расположение месторождения.
- **Радиометрия.** Метод целесообразно применять для выявления золотосодержащей руды с повышенным содержанием радиоактивных минералов. Чаще всего геологи прибегают к методу гамма-излучения или же эманационному методу. Использование радиометрии ограничено, поскольку глубинность этого метода не превышает 1 м.

Геофизика при поисках россыпных месторождений золота

- Основными причинами ограниченного применения геофизики являются: отсутствие корректной физико-геологической модели (ФГМ) золотоносной россыпи и низкая (нереализованная) разрешающая способность традиционных методов. Геофизические методы в основном используются для картирования поверхности плотика с целью выявления геоморфологических ловушек, а также литологического расчленения разреза.
- Накопленные за последнее время знания об объекте поисков и прорывы в геофизических технологиях позволяют существенно повысить эффективность исследований в этой области. Наиболее совершенной технологией является вызванная поляризация в модификации электротомографии (ВП-2D), в которой удачно сочетаются лучшие качества профилирования и зондирования при резком повышении детальности исследований с последующей предельно корректной реконструкцией разреза в формате электросопротивлений и поляризуемости. Метод с успехом использован при решении широкого круга геологических задач.
- Важным является включение в комплекс микромагнитной съемки в различных вариантах, которая позволяет изучить распределение россыпного магнетита, генетически связанного с золотом.
- В совокупности электротомография ВП и микромагнитная съемка формируют минимально достаточный комплекс методов, позволяющий изучить россыпную золотоносность.

Геофизика при поисках россыпных месторождений золота

- **Электротомография ВП-2D**

Используемая аппаратура

Электроразведочная станция SyscalPro-72 (Iris Instruments, Франция). Весь процесс производства, начиная с полевых работ и заканчивая интерпретацией, компьютеризирован.

Рабочие параметры

Расстояние между электродами — 2,5 м. Длина одновременно обрабатываемого профиля — 180 м с последующим перекрытием 50 % интервала. С одной стоянки производится 2000 измерений. Глубинность исследований — 40 м. Применяемая установка — 3-х электродная прямая (AMNB □ □) и обратная (□ □ MNB). ПО обработки и интерпретации — x2ipi, Prosys II, RES2d INV.

Микромагнитная съемка

Используемая аппаратура

Протонный магнитометр-градиентометр «МИНИМАГ». Работы осуществлялись в профильном варианте от единого исходного пункта (КП). Наблюдения производились согласно инструктивным требованиям с одновременной регистрацией магнитных вариаций аналогичной аппаратурой с интервалом 1 мин. Измерения полного модуля магнитного поля выполнялись на двух высотах (0 и 2 м) с использованием немагнитной штанги. Шаг наблюдений по профилям 5 м. Обработка магнитометрических данных производилась по стандартному графу. При этом учитывались поправки за исходный пункт и вариации магнитного поля. Вертикальный градиент определялся как разность между наблюдениями на высоте 0 и 2 м.

Результатом проведенных работ является физико-геологическая модель золотоносной россыпи, характерная для исследуемой территории (рис. 1).

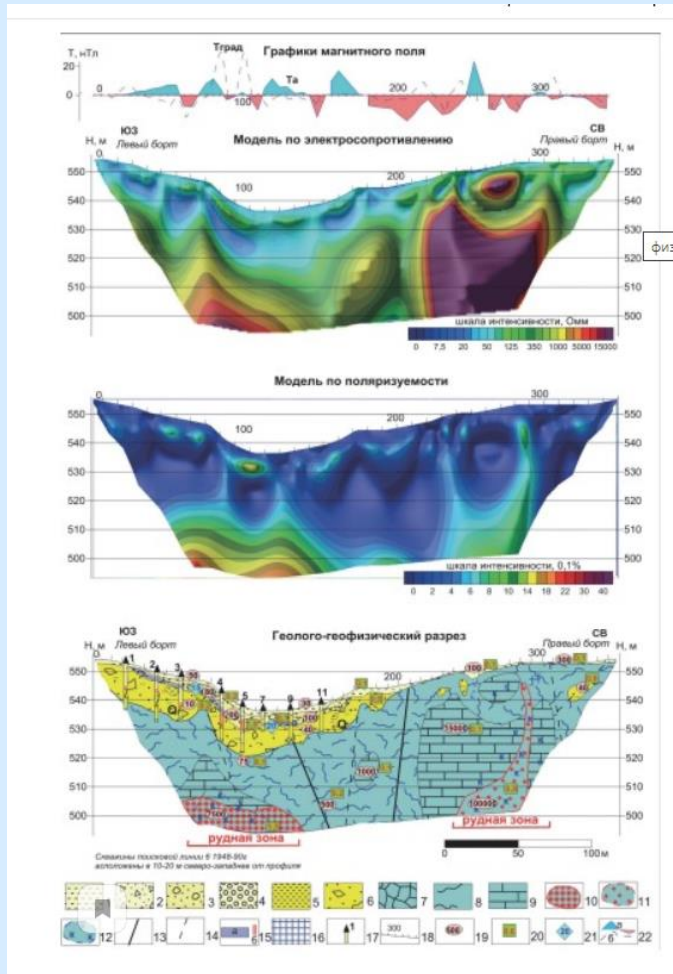


Рис. 1. Физико-геологическая модель золотоносной россыпи

Рыхлые образования: 1 — аллювиально-делювиальные суглинисто-глинистые отложения; 2 — пролювиальные суглинисто-глинистые отложения с включениями щебня; 3 — аллювиальные суглинисто-глинистые отложения с включениями галечников; 4 — аллювиальные валунногалечные отложения; 5 — глинистые отложения различного генезиса; 6 — делювиальноэлювиальные отложения с включениями щебня, обломков (образования кор выветривания).

Коренные породы: 7 — преимущественно известняки интенсивно трещиноватые; 8 — то же, трещиноватые и обводненные; 9 — известняки относительно монолитные; 10 — зоны с концентрированной сульфидной минерализацией; 11 — то же, с рассеянной минерализацией; 12 — участки интенсивного окварцевания; 13 — разрывные нарушения, выделенные достоверно; 14 — то же, предположительно; 15 — магнетитовые (а) и золотоносные (б) струи россыпи; 16 — магнитные объекты; 17 — скважины и их номера; 18 — пункты геофизических наблюдений и их номера.

Расчетные геофизические параметры: 19 — электросопротивление в Ом; 20 — поляризуемость в %; 21 — намагниченность в $n \cdot 10^{-3}$ А/м.

5. Горно-буровые методы поисков

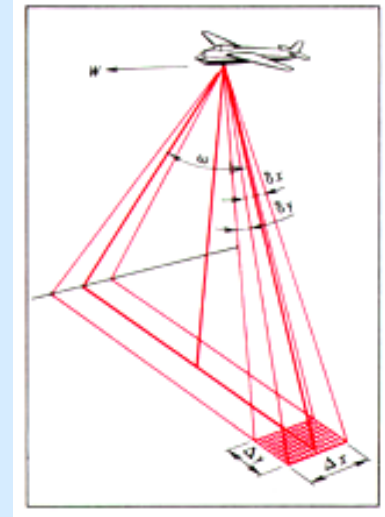
- Поиски сопровождаются горно-буровыми работами, задачами которых являются: 1) проверка данных полученных другими методами, 2) вскрытие полезного ископаемого для выяснения его минерального состава, качества и условий залегания, 3) частичное прослеживание тел полезных ископаемых.
- Выбор способов вскрытия 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 45⁰ бурятся вертикальные скважины, при углах падения более 45⁰ – наклонные скважины с углом встречи тела полезного ископаемого не менее 30⁰. 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.

2. Дистанционные 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 — 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 и источников используется γ -диапазон, для установления химического состава горных пород и почв — ультрафиолетовая часть спектра; световой диапазон наиболее информативен при изучении почв и растительного покрова, инфракрасная (ИК) — даёт оценки температур поверхности тел, радиоволны — информацию о рельефе поверхности, минеральном составе, влажности и глубинных свойствах природных образований и об атмосферных слоях.



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.

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:

$$Q_p = k \cdot q_э \cdot V_o,$$

где V_o – объем оцениваемого объекта: $V_o = S_o \cdot M_o$ (S_o , M_o – соответственно площадь и мощность оцениваемого объекта); $q_э = Q_э / V_э$ – средняя удельная продуктивность ($Q_э$ – прогнозные ресурсы эталонной территории; $V_э$ – 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, геохимическим, биохимическим ореолам ведется по аналогичным формулам с использованием специальных коэффициентов, обеспечивающих переход от первичных ореолов рассеяния ко вторичным.

Используемые источники:

- <https://zhazhdazolota.ru/dobycha/gde-mozhno-najti-aurum>
- <https://zolotodb.ru/article/10192>
- <https://dprom.online/metalls/razvedka-zolota-metody-poiska/>
- https://zolteh.ru/geology/metody_poiska_i_razvedki_zolotorossypnykh_mest_orozhdeniy/
- <http://www.myshared.ru/slide/1318514/>