

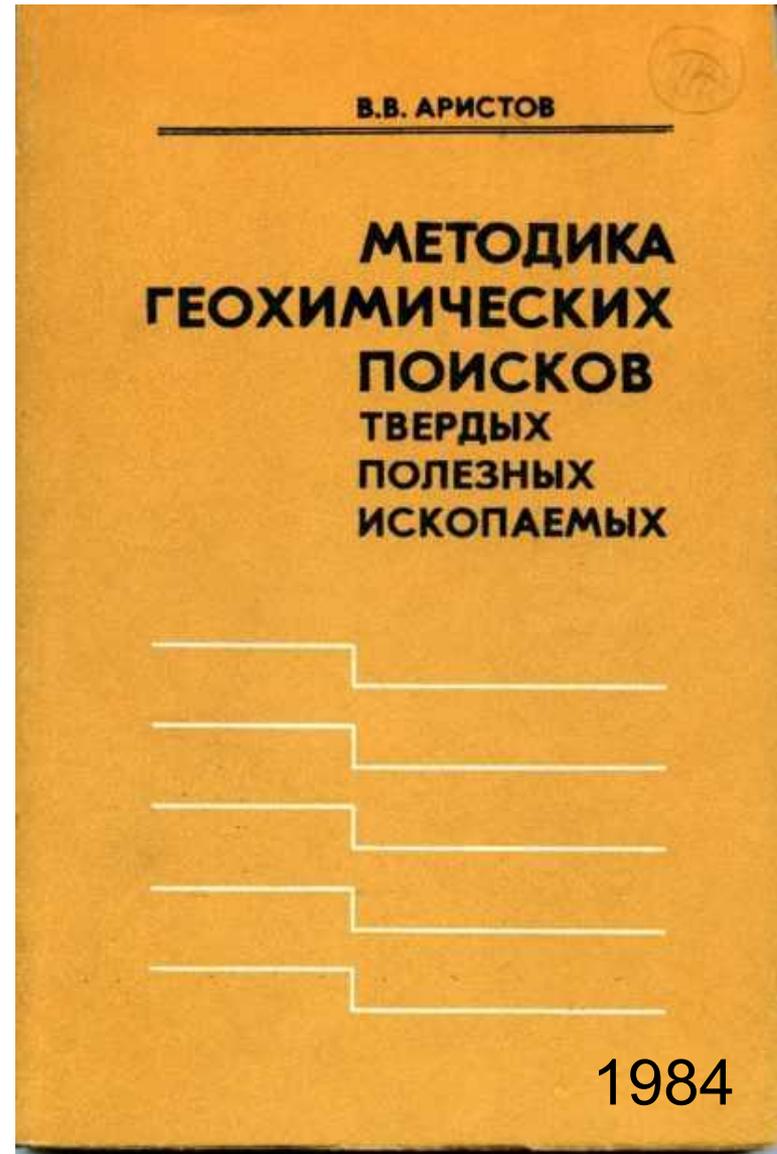
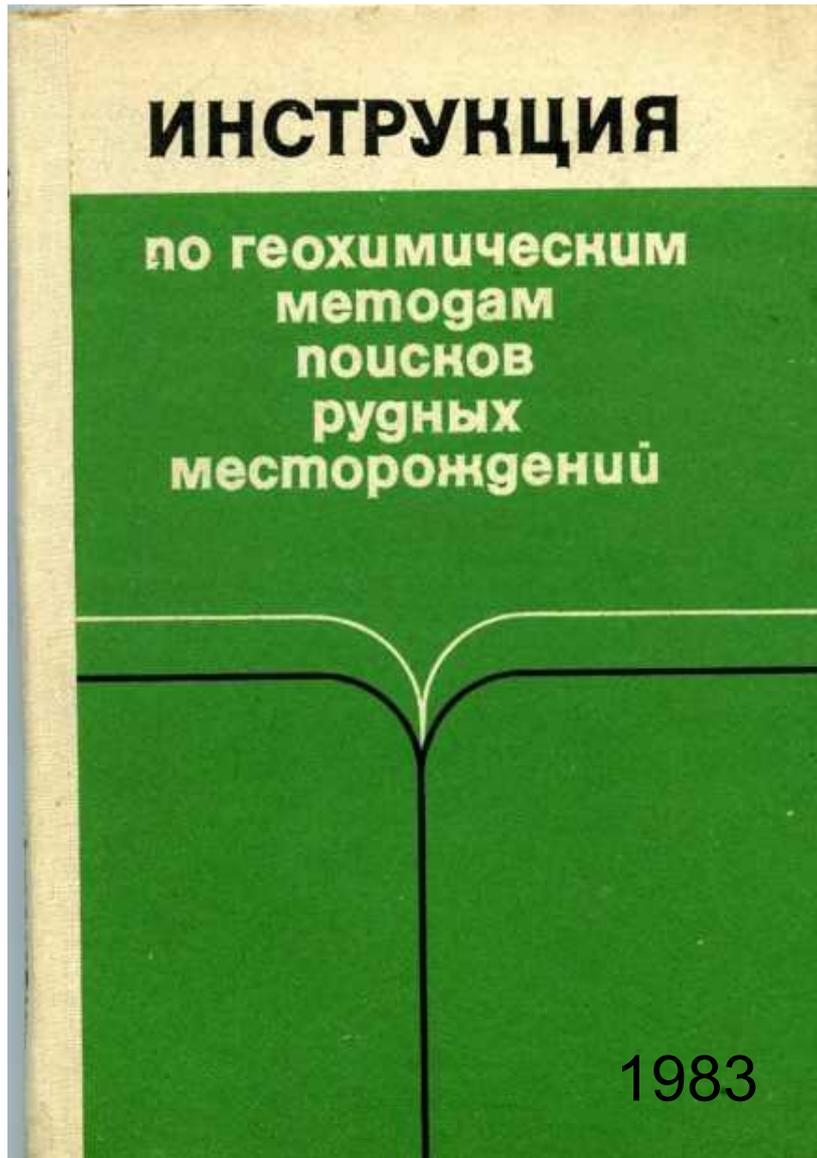


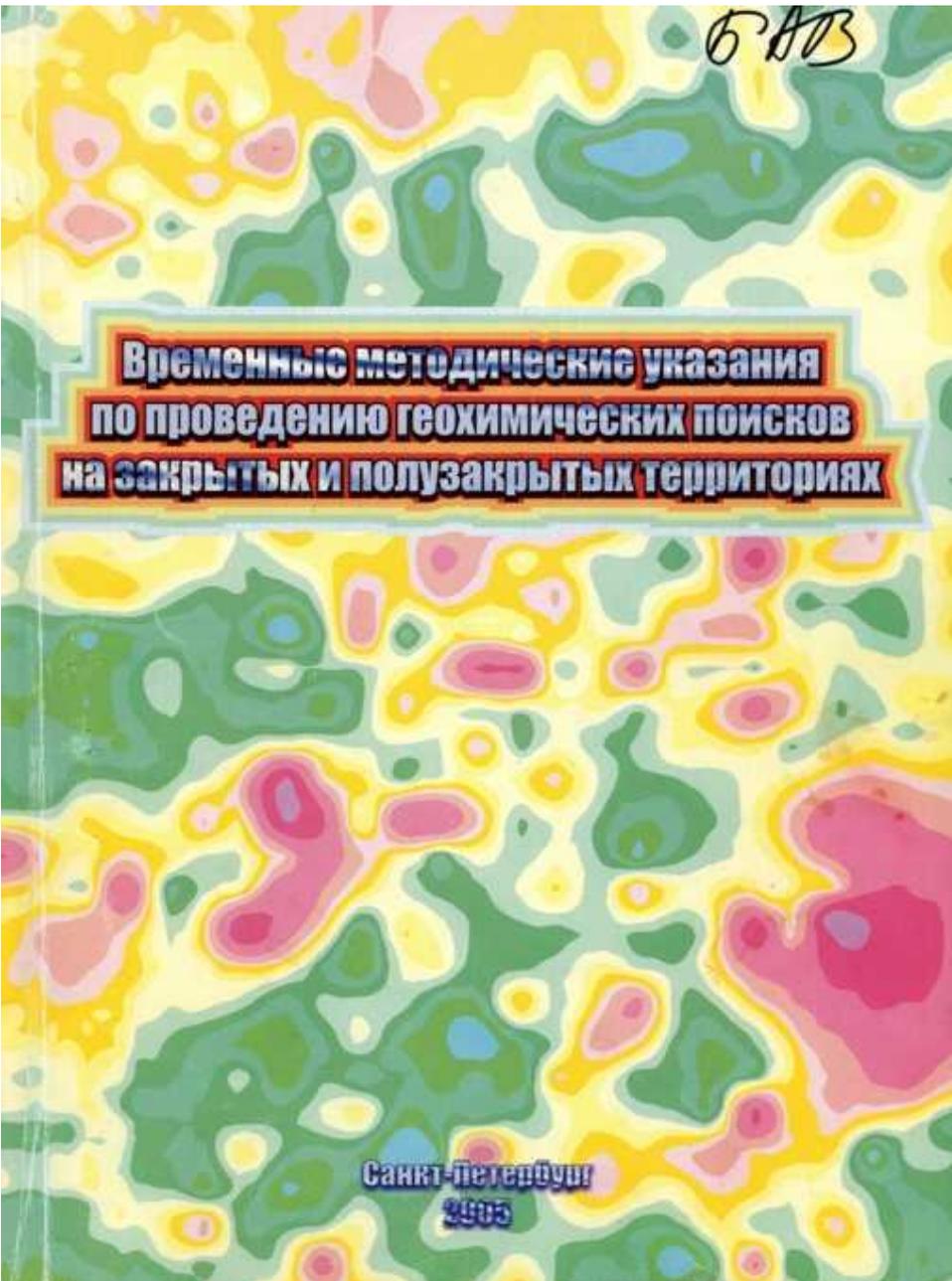
# Общая геохимия

## Лекция 14

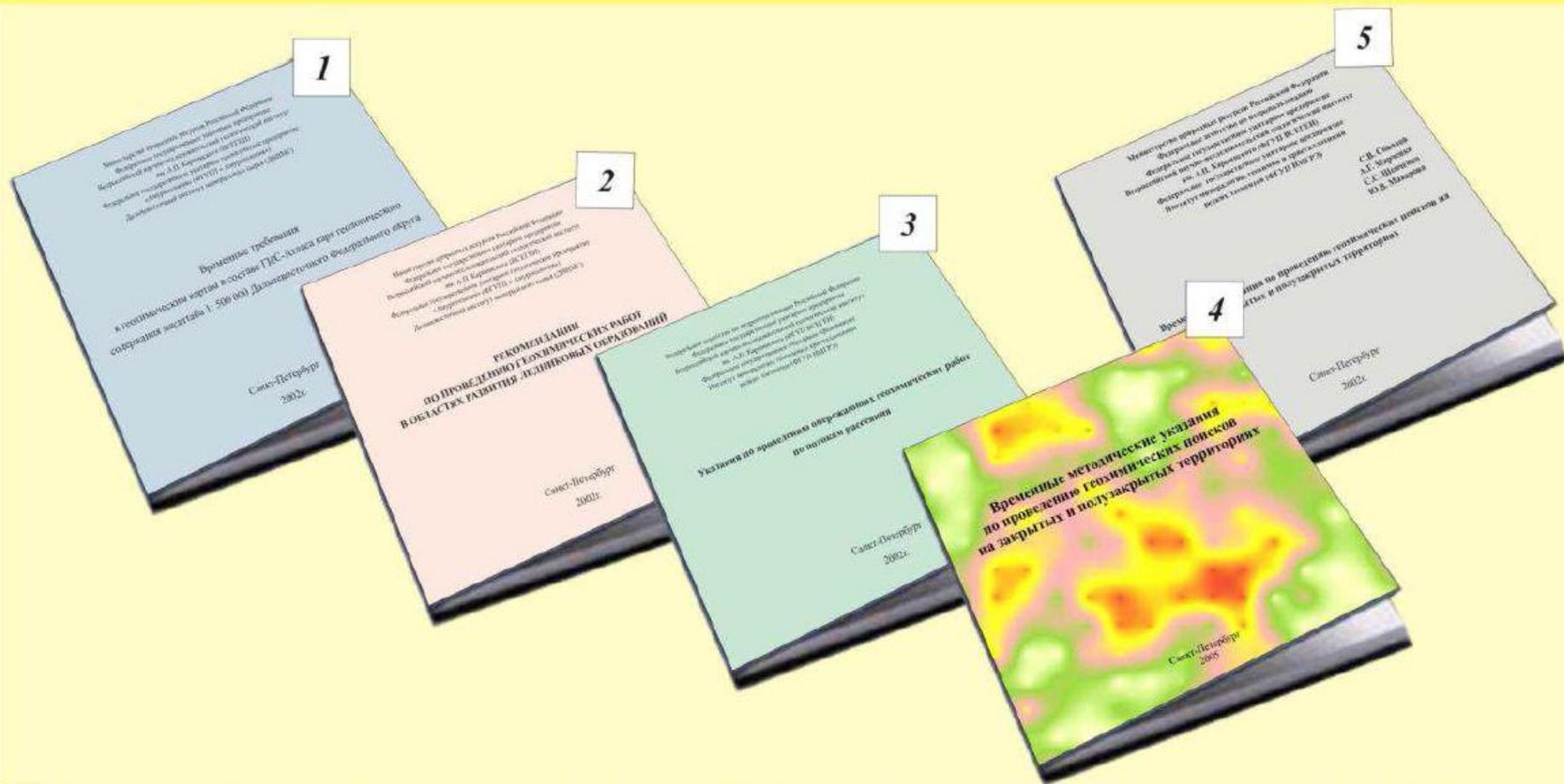
### Прикладная геохимия. **Геохимические поиски**

# ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКИ





- Соколов С.В.,  
Марченко А.Г.,  
Шевченко С.С. и др.  
Временные  
методические  
указания по  
проведению  
геохимических  
поисков на закрытых  
и полужакрытых  
территориях.
- СПб: изд. ВСЕГЕИ,  
2005. 98 с.



**1.** Временные требования к геохимическим картам в составе ГИС-Атласа карт геологического содержания масштаба 1: 500 000 Дальневосточного Федерального округа (2002г.)

**2.** Рекомендации по проведению геохимических работ в областях развития ледниковых образований (2005г.)

**3.** Указания по проведению опережающих геохимических работ по потокам рассеяния (2005г.)

**4.** Временные методические указания по проведению геохимических поисков на закрытых и полузакрытых территориях (2005г.)

**5.** Временные требования по проведению геохимических поисков на закрытых и полузакрытых территориях (2007г.)

# **Литохимические поиски по первичным ореолам**

- Литохимические исследования по выявлению и изучению первичных ореолов в зависимости от запроектированного масштаба работ можно разделить на:
- **региональные исследования**
- **поисковые исследования**
- **разведочно-эксплуатационные исследования**

# Региональные исследования

- Одновременно с проведением региональных геофизических работ, при составлении геол. карт 1:200 000 – 1:50 000
- Получение первичной геохимической характеристики пород в районе
- При 1: 50 000 возможно проведение поисков по первичным ореолам в пределах обнаженных и перспективных для обнаружения месторождений участков.
- Установление потенциальной рудоносности.

# Поисковые исследования

- Для выявления МПИ по первичным ореолам в масштабах 1:25 000 – 1:5 000.
- 1:25 000 при опробовании крупных аномальных участков или рудопроявлений, выявленных на предыдущем этапе.
- Основа – поиски 1:10 000 – 1:5 000.
- Данные используются для корректировки направления горных выработок и выбора мест выработок второй очереди.

# Разведочно-эксплуатационные исследования

- Проводятся в масштабе 1:5000 – 1:2000.
- Цель: оценка перспектив развития оруденения на глубину и на флангах разведываемых месторождений и рудопроявлений.
- Установление закономерностей распределения элементов-примесей в рудах.
- Уточнение морфологии рудных тел.  
Корректирование разведочных работ.

# Опытнo-методические исследования

- В районах, где раньше не проводились поиски по первичным ореолам:
  - 1. Определение косвенных элементов-индикаторов, образующих первичные ореолы околорудных тел ожидаемого типа.
  - 2. Определение геохимического фона и аномальных содержаний элементов-индикаторов для различных типов пород.
  - 3. Выяснение морфологических особенностей первичных ореолов различных элементов.

- 4. Установление зональности оруденения и вычисление коэффициентов зональности.
- 5. Установление формы нахождения элементов-индикаторов в ореоле (минеральная или изоморфная форма).
- 6. Определение элементов-индикаторов, корреляционные зависимости содержания которых существенно изменяются от надрудных ореолов к подрудным.

# Отбор проб

- Опробование штучным методом ведется по профилям, ориентированным вкрест простирания ожидаемых рудных зон.
- Расстояние между профилями при масштабе работ 1:50 000 равно 500 м, между точками отбора проб 50-20 м. Число проб в профиле должно быть больше 30.
- При частых фациальных переходах и смене типов пород сеть может быть сгущена до 250x10 м.
- Рекомендуемая сеть для других масштабов:  
Масштаб/100 x 10 м.

# Метод пунктирной борозды

- Из интервала 1-5 м отбирается 10-15 мелких кусочков (сколков) породы размером 3-4 см в поперечнике.
- Сколки объединяются в одну пробу массой 150-200 г.
- Нельзя объединять сколки, отобранные из пород различного состава.
- Зоны тектонических нарушений, брекчий и пород с околорудными изменениями опробовать отдельно.

# Обработка проб

- Последовательность:
  1. Измельчение в дробилках.
  2. Перемешивание и сокращение квартованием до 50-100 г.
  3. Механическое истирание на истирателях.
- Очистка дробильных агрегатов и истирателей.
- Пробы из рудных интервалов обрабатывать отдельно от безрудных.
- Качество проверяется повторным отбором проб (в объеме 3%).

# Отображение результатов анализа и оценка аномалий

- Геолого-геохимические колонки и графики по разрезам.
- Геохимические карты.

## Выделение аномалий:

- Статистическая обработка результатов проб.
- для нормального закона  $C_a = C_{\phi} + 3s/m^{1/2}$
- для логнормального закона  $C_a = C_{\phi} \varepsilon^{3/m^{1/2}}$
- $m$  – число коррелирующихся точек
- $\varepsilon$  – антилогарифм  $s$
- Снижение аномального содержания до  $C_{\phi} + s$  и  $C_{\phi} \varepsilon$

# Оценка аномалий

- Линейная продуктивность ореола (M)

$$M = \sum_{i=1}^n m_i (C_i - C_{\phi}),$$

где  $m_i$  — длина интервала опробования;  $C_i$  — содержание элемента в пробе;  $C_{\phi}$  — фоновое содержание элемента;

- *площадная продуктивность* ореола (P) в рассматриваемом сечении, рассчитываемая (при прямоугольной сети отбора проб) по формуле

$$P = \Delta X L \left( \sum_{x=1}^N C_x - N C_{\phi} \right),$$

где  $\Delta X$  — шаг отбора проб по профилю;  $L$  — расстояние между профилями;  $\sum C_x$  — арифметическая сумма содержаний элемента в аномалии (ореоле);  $C_{\phi}$  — фоновое содержание элемента в ореоле;  $N$  — число проб, вошедших в подсчет;

# Прогнозные ресурсы (Q) для слепых рудных зон

$$Q = \alpha \frac{1}{40} pN,$$

где  $\alpha$  — коэффициент учета балансных руд в общих запасах полезного компонента в ореоле;  $p$  — площадная продуктивность первичного ореола;  $N$  — вероятная вертикальная протяженность оруденения, которая выбирается исходя из конкретной геологической ситуации.

Доля балансовых руд в общих запасах полезного компонента определяется на основании опытно-методических исследований для конкретных районов и типов месторождений.

При подсчете прогнозных ресурсов в слабо эродированных рудных зонах (это определяется по геохимическим данным) пользуются формулой:  $Q = p' / 40 \cdot 0,8N$ , а при уровне эрозионного среза, достигающем до средних частей рудной зоны\*, — формулой  $Q = p' / 40 \cdot 0,6N$ . В этих формулах  $p'$  — площадная продуктивность рудного тела (зоны).

# Определение уровня эрозионного среза

## СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЯ ЭРОЗИОННОГО СРЕЗА

Патент Российской Федерации

*Суть изобретения:*

Использование: в геохимических методах при поисках магнетитового оруденения. Сущность: отбирают и анализируют пробы. Отбор осуществляют по первичному ореолу, а анализ производят на железо общее, железо магнетитовое, серу, медь, цинк, серебро, никель, кобальт, марганец и молибден. Затем определяют величину надфоновых продуктивностей этих элементов, величины показателей 1-го и 2-го порядков. Сравнивают их с эталонными величинами геохимических показателей. По результатам сравнения дают количественную привязку вскрытого первичного ореола к определенному уровню эрозионного среза в метрике эталона. Технический результат: достижение точной количественной оценки уровня вскрываемого магнетитового оруденения в метрике эталона и оценки на основании этого его перспективности при обнаружении надрудных и верхнерудных недоразветанных уровней эрозионного среза или неперспективности продолжения дальнейших работ при обнаружении ниже- и подрудных уровней эрозионного среза. 2 табл.

*Номер патента:*

2148844

*Класс(ы) патента:*

G01V9/00

*Номер заявки:*

98121257/28

Fe, Fe<sup>3</sup>, S, Cu, Zn, Ag, Ni, Co, Mn, Mo

*Дата подачи заявки:*

24.11.1998

*Дата публикации:*

10.05.2000

*Заявитель(ы):*

Открытое акционерное общество "Магнитогорский металлургический комбинат"

*Автор(ы):*

Емельяненко Т.И.; Матвеев А.А.

*Патентообладатель(ы):*

Открытое акционерное общество "Магнитогорский металлургический комбинат"

*Формула изобретения:*

Способ определения уровня эрозионного среза магнетитового оруденения, заключающийся в отборе и анализе проб первичного ореола на элементы-индикаторы медь, цинк, серебро, никель, кобальт, марганец, молибден, определении надфоновых продуктивностей этих элементов и величин геохимических показателей зональности 1-го и 2-го порядков, операции сравнения и привязки вскрытого первичного ореола к определенному уровню эрозионного среза в метрике эталона, отличающийся тем, что анализ проб дополнительно производят на железо общее, железо магнетитовое, серу.

# **Литохимические поиски по вторичным ореолам и потокам рассеяния**

- После составления ландшафтно-геохимических карт (с более мелким масштабом, чем геохимические поиски).
- При ландшафтно-г/х картировании 1:500 000 сеть проботбора колеблется от 5x5 до 5x7 км.

По масштабу работ делятся на региональные, поисковые и детальные исследования.

Таблица 9.2. Масштабы литохимических поисков по вторичным ореолам

Масштаб	Расстояние, м, между		Число точек отбора проб на	
	профилями	точками отбора	1 см <sup>2</sup> карты	1 км <sup>2</sup> площади
<i>Рекогносцировочные съемки*</i>				
1:200 000	2000	100–200	10–20	2–5
1:100 000	1000	100–50	10–20	10–20
<i>Поисковые съемки</i>				
1:50 000	500	50	10	40
1:25 000	250	50–40	5–7	80–100
<i>Детальные съемки</i>				
1:10 000	100	20–25	5–4	500–400
1:5000	50	20–10	2,5–5	1000–2000
1:2000	25	10	1,6	4000

\* Допускаются только в условиях слабо расчлененного рельефа, неблагоприятного для поисков по потокам рассеяния.

# Продуктивность и суммарная продуктивность по потокам рассеяния

Количественным показателем вторичных ореолов и потоков рассеяния может служить *продуктивность*. Для потока рассеяния она вычисляется по формуле

$$P'_x = S_x (C'_x - C'_ф),$$

где  $S_x$  — площадь бассейна денудации для данной точки,  $m^2$ ;  $C'_x$  — содержание металла в пробе;  $C'_ф$  — фоновое содержание металла.

Предварительная оценка участка, выделенного при поисках по потокам рассеяния, определяется суммарной продуктивностью:

$$P'_{\text{общ.}} = \sum_{i=1}^m P'_i,$$

где  $P'_i$  — значения продуктивности отдельных потоков рассеяния по  $m$  смежным руслам, дренирующим данный участок.

## МЕТОД АНАЛИЗА СВЕРХТОНКОЙ ФРАКЦИИ (МАСФ)



1. Опробование приповерхностных горизонтов рыхлых отложений (в подзолистых и дерново-подзолистых почвах - горизонт **В**, в болотных - горизонт **С** или **Вg**) или донных осадков речной сети
2. Выделение сверхтонкой фракции в лабораторных условиях по специальной технологии на установке, разработанной во ВСЕГЕИ, позволяющей выделять фракцию **<10 мкм** при высокой производительности и приемлемой стоимости пробоподготовки

**МАСФ разработан во ВСЕГЕИ (патент № 2330259 от 27.07.2008) и представляет собой адаптированный к российским условиям аналог китайского высокоэффективного метода МОМЕО**



*Типичные почвенные горизонты подзолистых почв Северной Карелии*



- A1 - гумусовый горизонт
- A2 - подзол (белесый) горизонт «вымывания»
- В – опробуемый и лавинальный горизонт**
- BC – переходный горизонт
- С – подстилаяющая почву морена

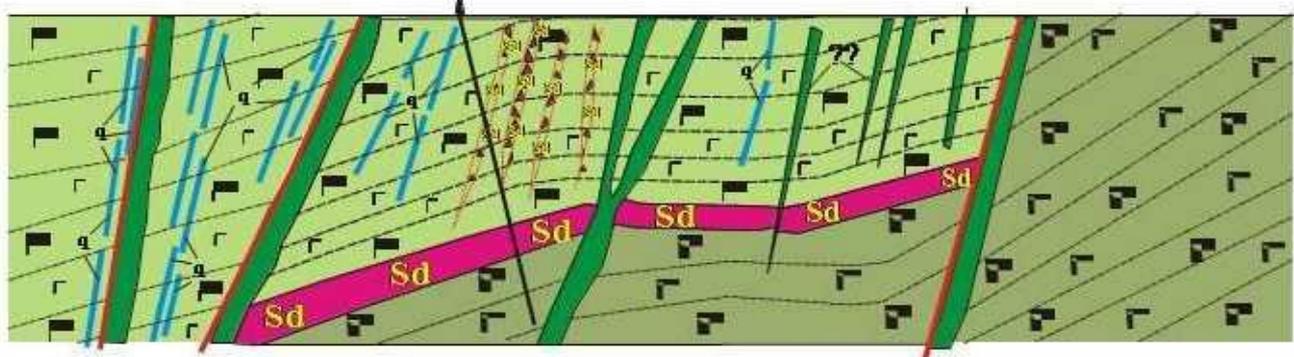
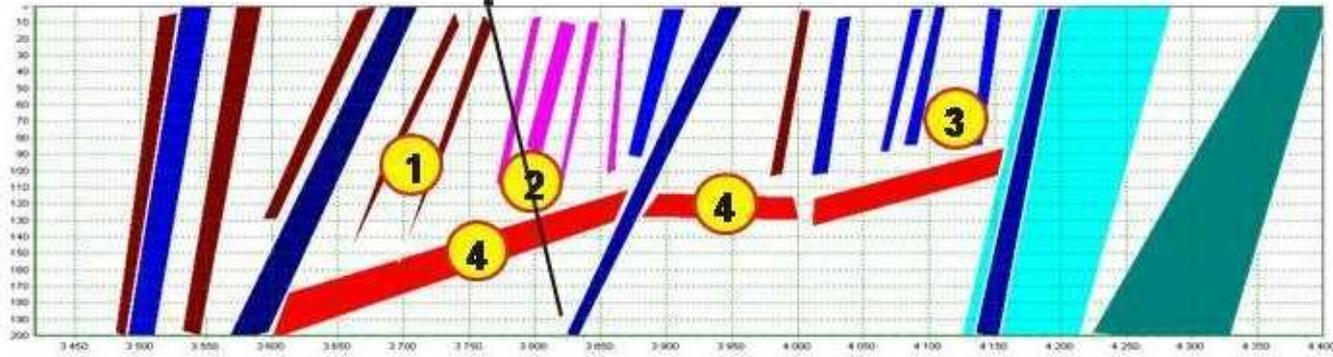
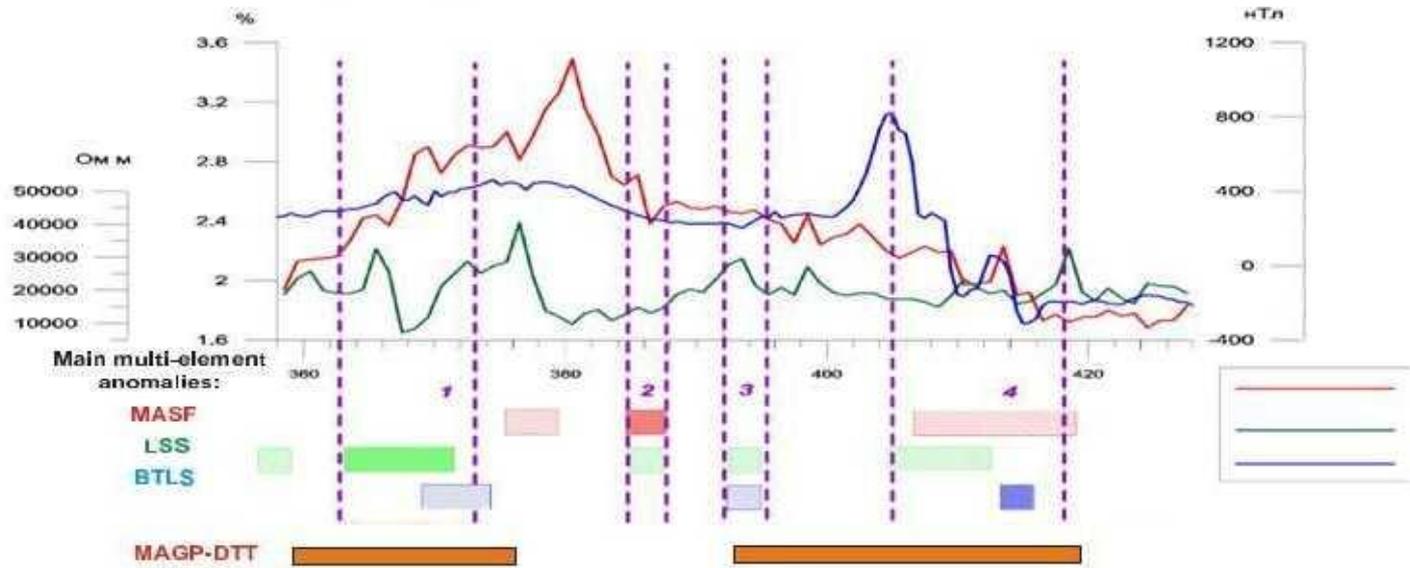
3. Перевод в раствор сорбционно-солевых форм нахождения элементов по специальной технологии. Определение содержаний сорбционно-солевых форм проводится с использованием прецизионных аналитических методов (ICP, XRF, ААА и др.) на широкий круг химических элементов с порогом



# Метод анализа сверхтонкой фракции рыхлых отложений - МАСФ

- Сущность МАСФ заключается в выделении из проб рыхлых отложений сверхтонкой (глинистой, микроминеральной) фракции, которая затем анализируется количественными методами.
- Опробование производится преимущественно по контурам болот, заболоченных низин, водотоков и водоемов, для более уверенного выявления ореолов рудных объектов.

- На возвышенных площадях опробование производится также в зонах аккумуляции, на относительно пониженных участках микрорельефа.
- В почвах опробуется горизонт В (желто-бурый), в болотных почвах – глеевый горизонт (зеленоватый, серый).
- Глубина отбора проб обычно 0.3-0.6 м, реже до 1-1.5 м. Масса сверхтонкой фракции д.б. не менее 0.5-1 г, поэтому вес пробы составляет 200-600 г. Выделяется фракция менее 10 мкм в лабораторных условиях.

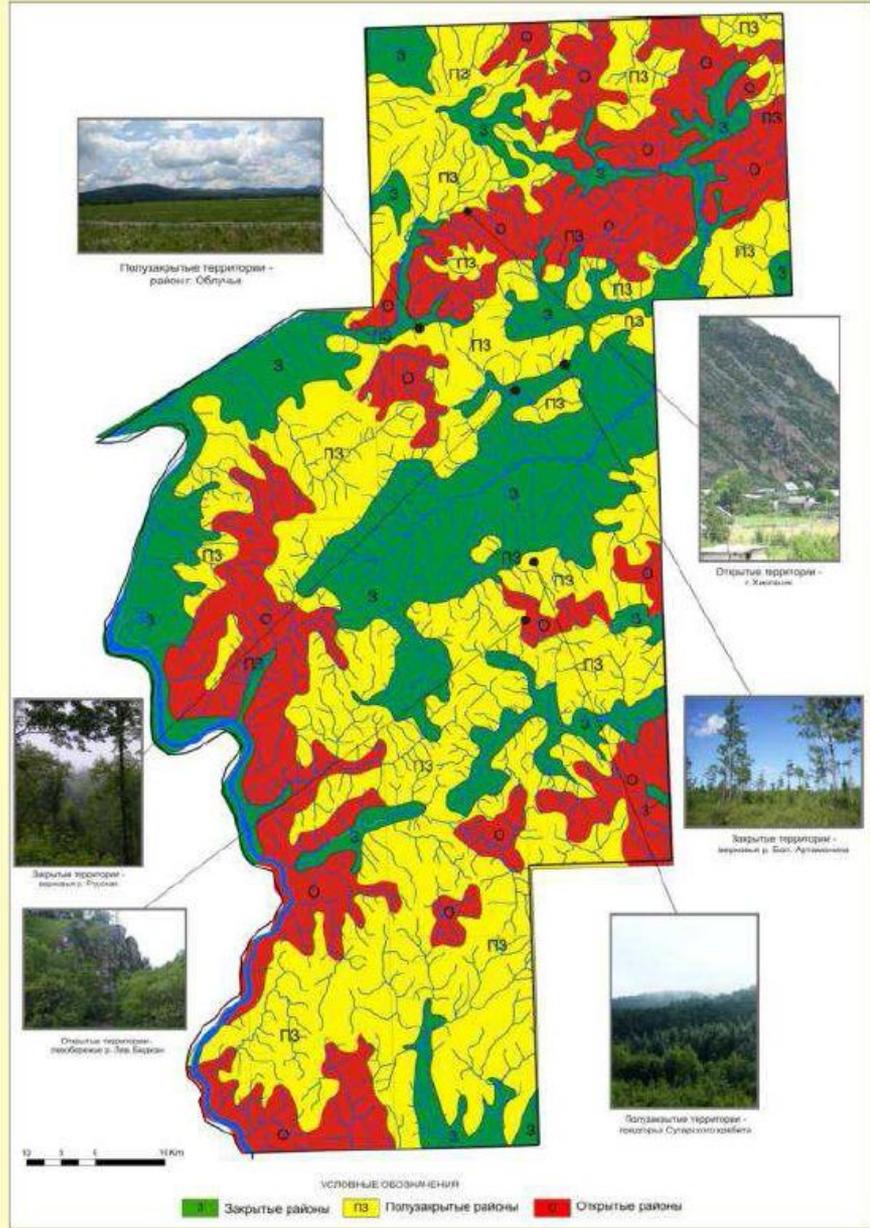


Pt+Pd  
 4.7ppm

# Цифровая модель рельефа с элементами морфометрического анализа как основа районирования территорий по условиям ведения геохимических работ

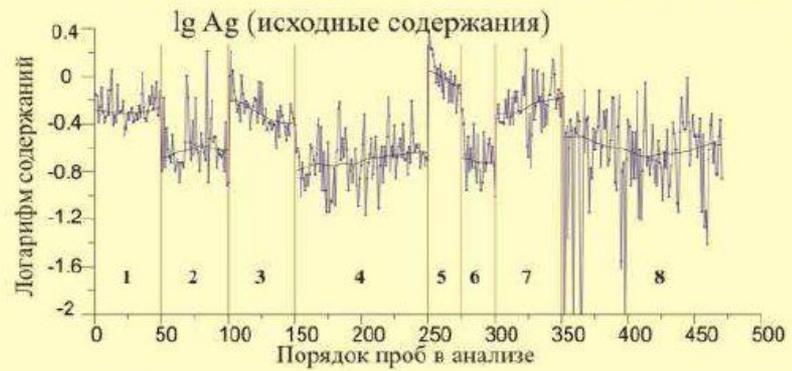


- ✓ Цифровая модель рельефа может быть построена практически для любой территории России, поскольку требует минимального количества исходной информации, являющейся легко доступной
- ✓ Использование цифровой модели рельефа с элементами морфометрического анализа позволяет существенно ускорить проведение ландшафтного районирования территории по условиям ведения геохимических работ как на региональных стадиях изучения недр, так и при производстве детальных поисковых работ

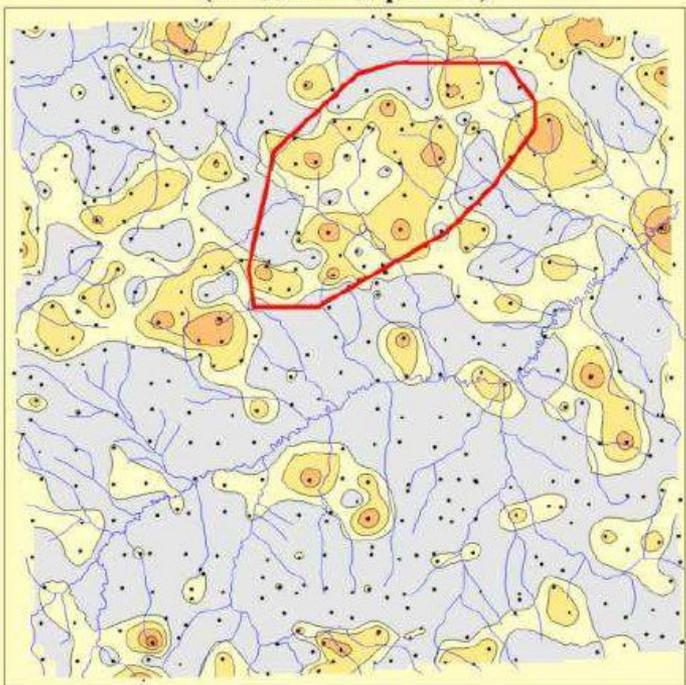


# Первичная обработка аналитических данных Снятие влияния систематических расхождений между результатами различных серий анализов проб

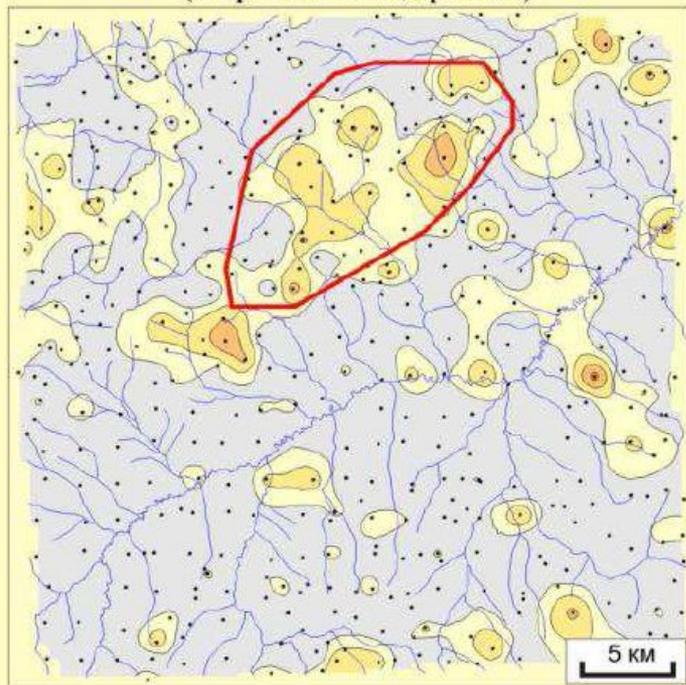
➔ Необходимое условие корректного выполнения операции: анализ проб в случайном порядке



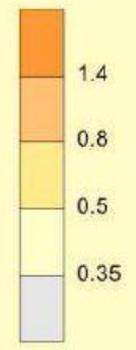
Распределение серебра в рыхлых отложениях (исходные содержания)



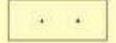
Распределение серебра в рыхлых отложениях (исправленные содержания)



Содержания серебра в рыхлых отложениях, г/т

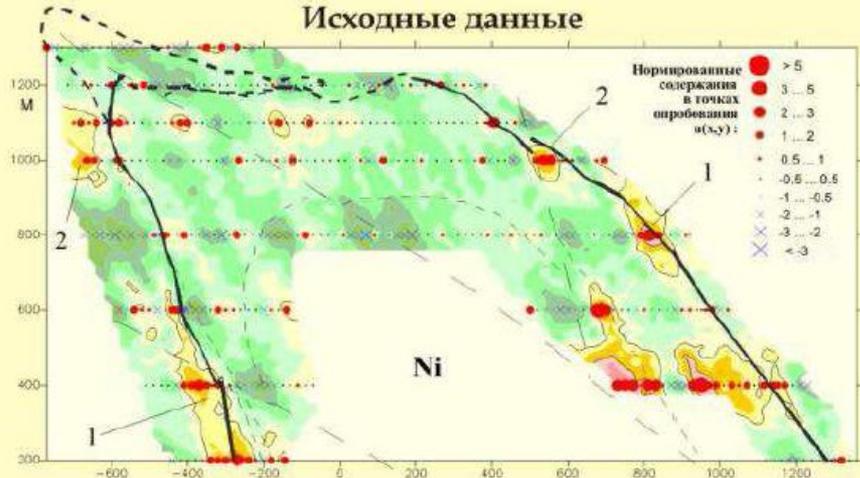
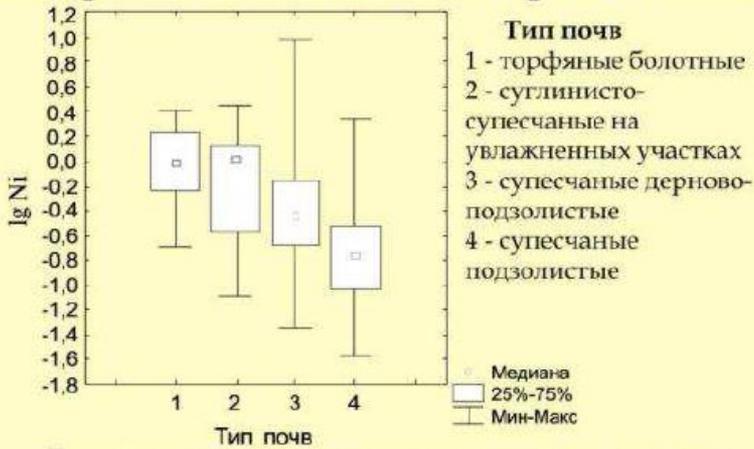


Точки опробования

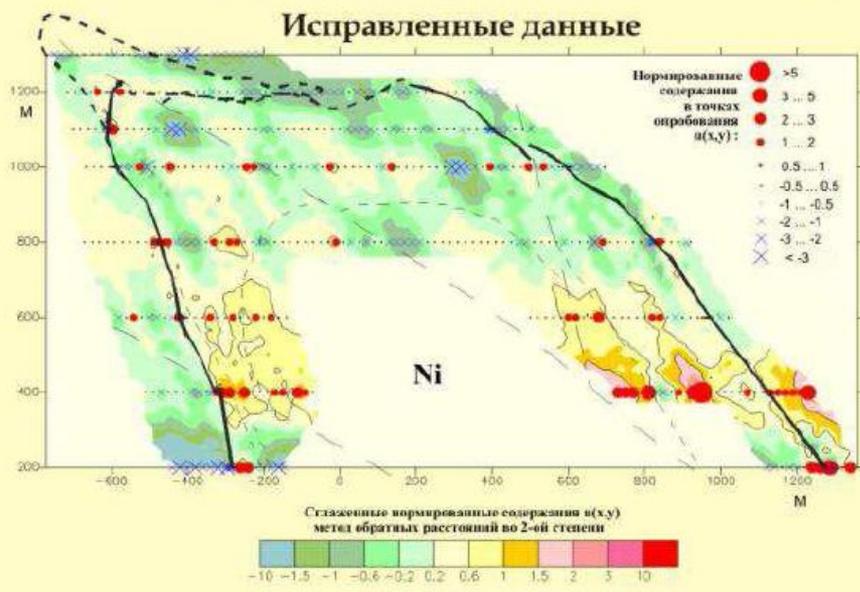
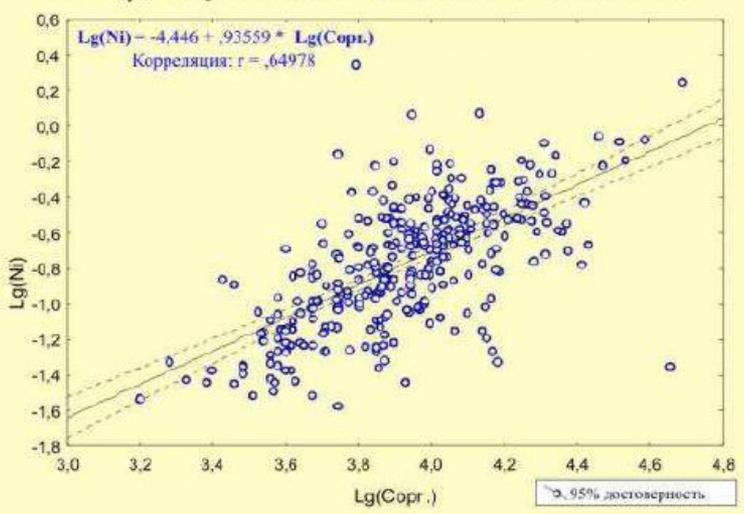


**Удаление “ложных” ландшафтных аномалий (1 - связанные с заболоченностью, 2 - склоновые)**  
 Ганинский участок, Карелия (с использованием данных ВНИИ “ВИРГ-Рудгеофизика”)

**Распределение никеля в почвах разных типов**

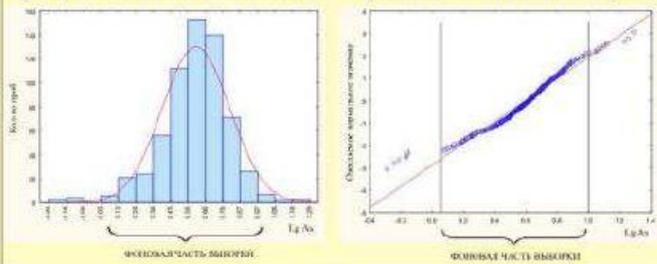


**Зависимость между содержаниями никеля и  $C_{орг.}$  в супесчано-подзолистых почвах**



Целесообразно использовать робастные оценки фоновых параметров, менее чувствительные к присутствию в выборке чуждых ее основной части данных

### Графический способ оценки фоновой части выборки



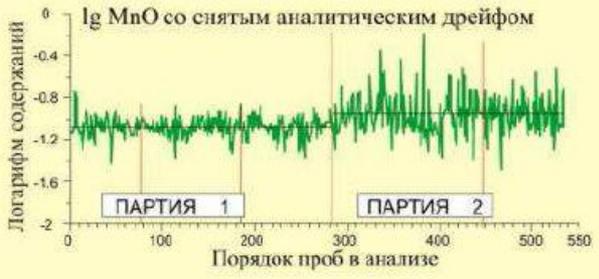
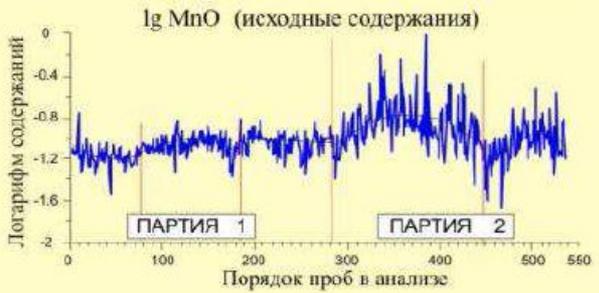
**Оценка фона:**  
 $C_{\Phi} = C_{ME}$   
**Уровень отклонений фона:**  
 При нормальном законе распределения:  
 $S'_{\Phi} = 1.4825 \times (C_{ME} - C_{25\%})$ ,  $S_{\Phi} = 0.5 \times (S'_{\Phi} + S''_{\Phi})$   
 $S''_{\Phi} = 1.4825 \times (C_{75\%} - C_{ME})$   
 При логнормальном законе распределения:  
 $\varepsilon'_{\Phi} = (C_{ME} / C_{25\%}) \times 1.4825$ ,  $\varepsilon_{\Phi} = \sqrt{\varepsilon'_{\Phi} \times \varepsilon''_{\Phi}}$   
 $\varepsilon''_{\Phi} = (C_{75\%} / C_{ME}) \times 1.4825$

### Отображение геохимических данных:

Для сбивки разнородных выборок данных, отличающихся среднефоновыми содержаниями и (или) дисперсиями рационально использовать нормированные по фоновым параметрам значения содержаний

При нормальном законе распределения:  
 $u(x,y) = [C(x,y) - C_{\Phi}(x,y)] / S_{\Phi}(x,y)$   
 При логарифмически нормальном законе распределения:  
 $u(x,y) = [\lg C(x,y) - \lg C_{\Phi}(x,y)] / \lg \varepsilon_{\Phi}(x,y)$

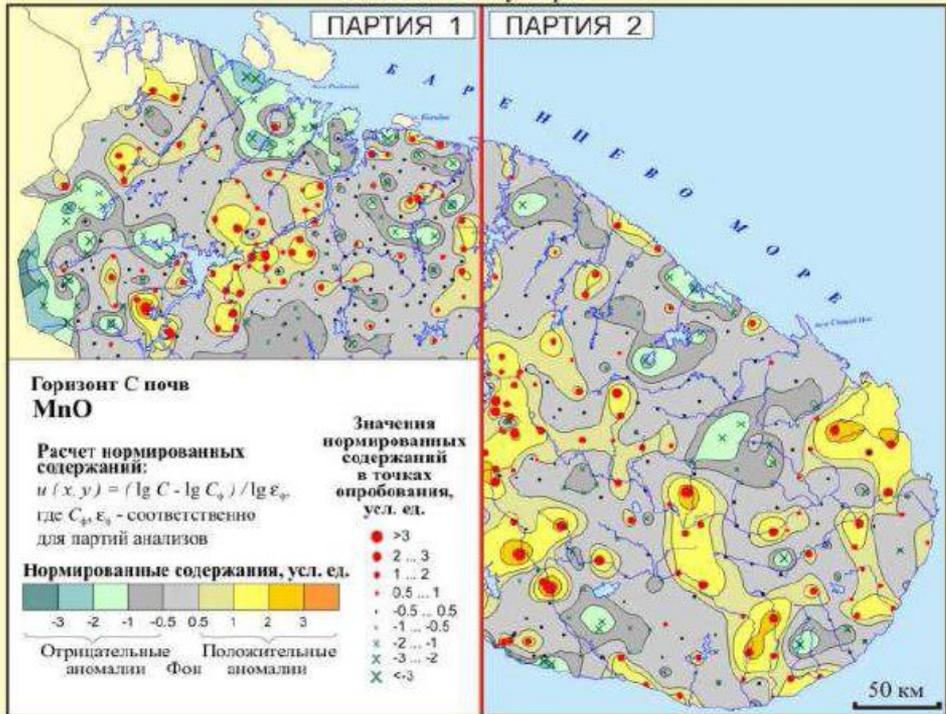
### Применение нормированных содержаний для сбивки разнородных выборок данных



Фоновые параметры по исправленным данным:

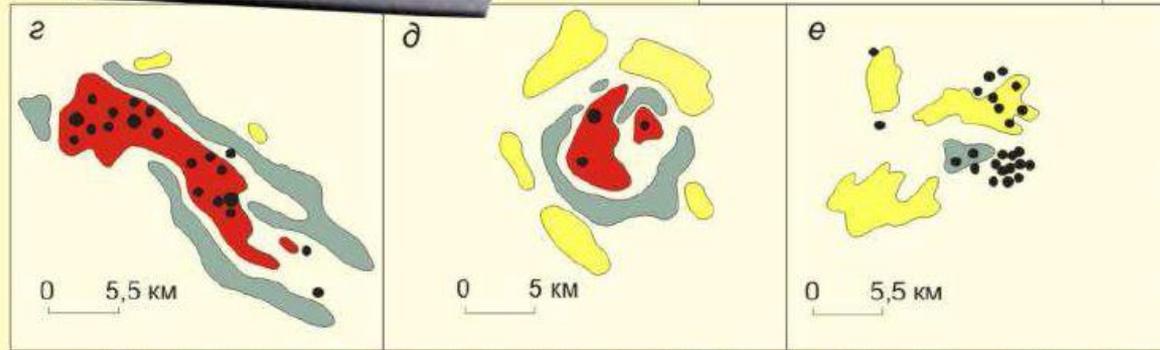
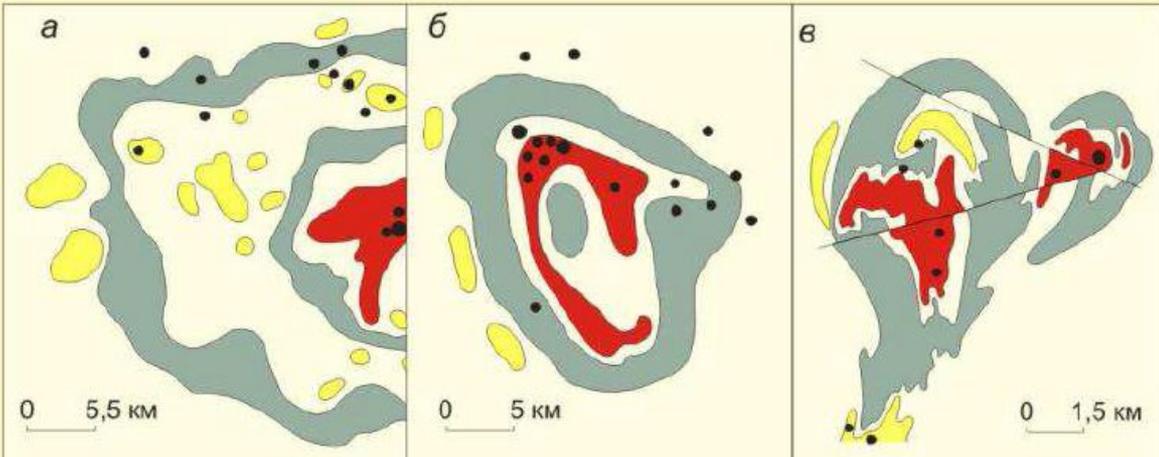
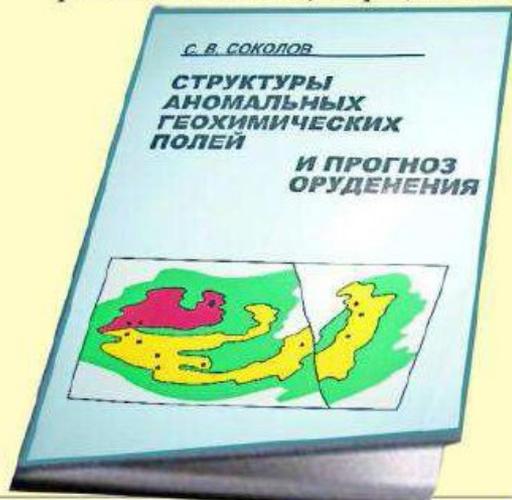
	Партия 1	Партия 2
$\lg C_{\Phi}$	-1,07	-0,98
$\lg \varepsilon_{\Phi}$	0,08	0,17
$C_{\Phi}$	0,09	0,10
$\varepsilon_{\Phi}$	1,21	1,48

Карта нормированных содержаний марганца в рыхлых отложениях горизонта С почв Кольский полуостров



Системообразующие свойства продуктивных АГХП халькофильной специализации на всех уровнях организации вещества проявляются в закономерной позиции генетически родственных ореолов привноса-выноса центростремительных и центробежных элементов, образующих объемно зональные системы трехзонного строения. От центра к периферии выделяются три зоны:

- **ядерная зона** – область концентрации центростремительных и деконцентрации центробежных элементов;
- **зона обмена**, характеризующаяся диаметрально противоположным спектром;
- **фланговая зона концентрации** – область повышенных содержаний центростремительных элементов при субфоновых центробежных.



■ 1 — ядерная зона   
 ■ 2 — зона обмена   
 ■ 3 — фланговая зона концентрации

Проявления полезных ископаемых:  
а б   
 а — месторождения,   
 б — рудопроявления

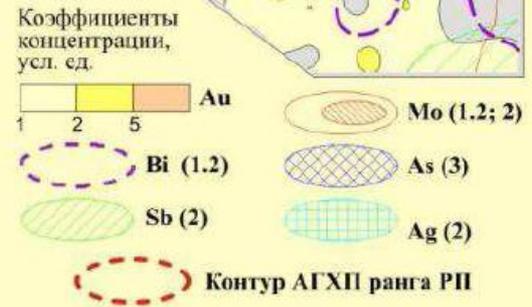
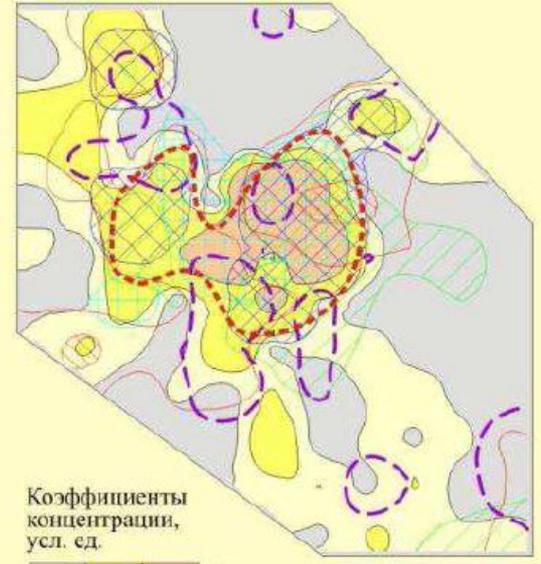
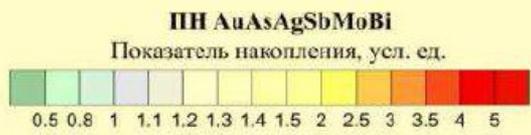
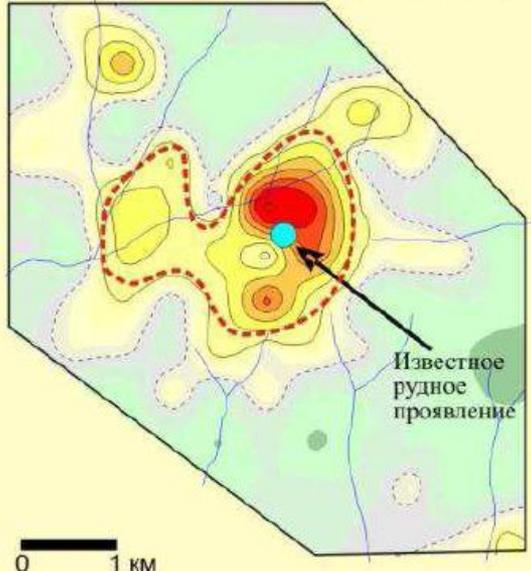
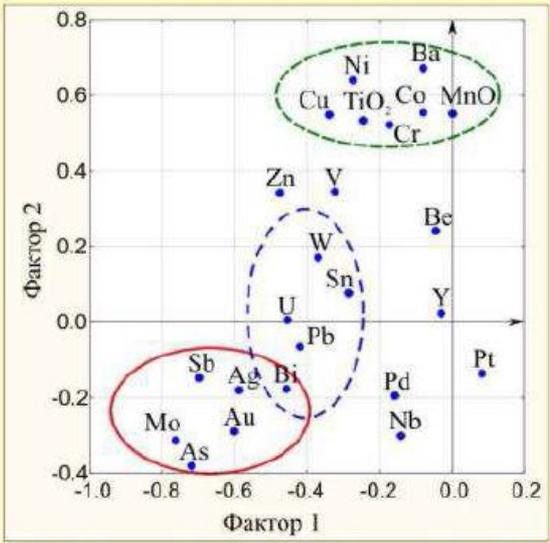
а - Дусканьинский РР,  
 б - Токурский РУ,  
 в - Школьный РМ,  
 г - Тенькинский РУ,  
 д - Бамский РУ,  
 е - Омчугское АГХП неупорядоченного строения (ранг РУ)

Состав группы центростремительных элементов отражает геохимическую специализацию, спектр центробежных элементов вне зависимости от ранга АГХП универсален [Ca, Mg, Fe, Ni, Co, Mn, Cr, V (Zn, Ba, Ti, Sc, Sr)], что предопределяет возможность широкого использования установленной закономерности в прогнозных целях.

На минеральном уровне зональность проявляется в закономерной смене от центра к периферии проявлений преимущественно кварц-светлослюдистых метасоматических ассоциаций проявлениями темноцветных, реже полевошпатовых ассоциаций

Поиски по вторичным ореолам рассеяния, метод анализа сверхтонкой фракции.  
Солонечный участок, Малохинганская площадь (Приамурье)

Диаграмма факторных нагрузок  
(Исходные данные - логарифмы содержаний)

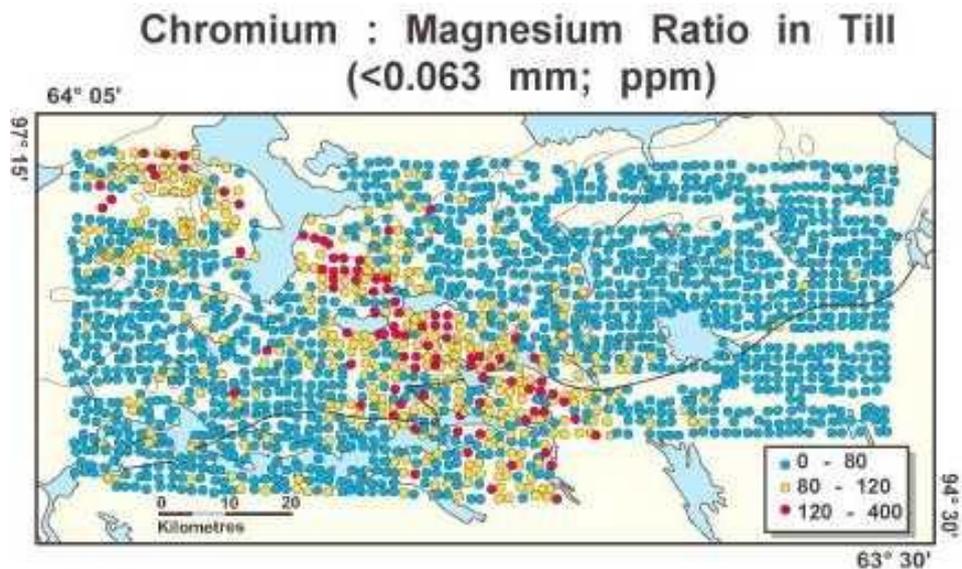
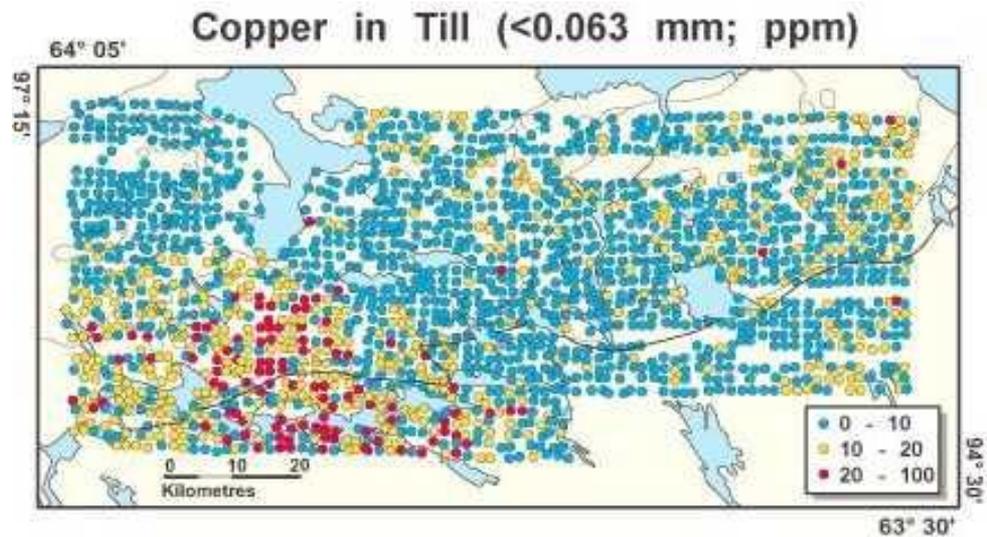
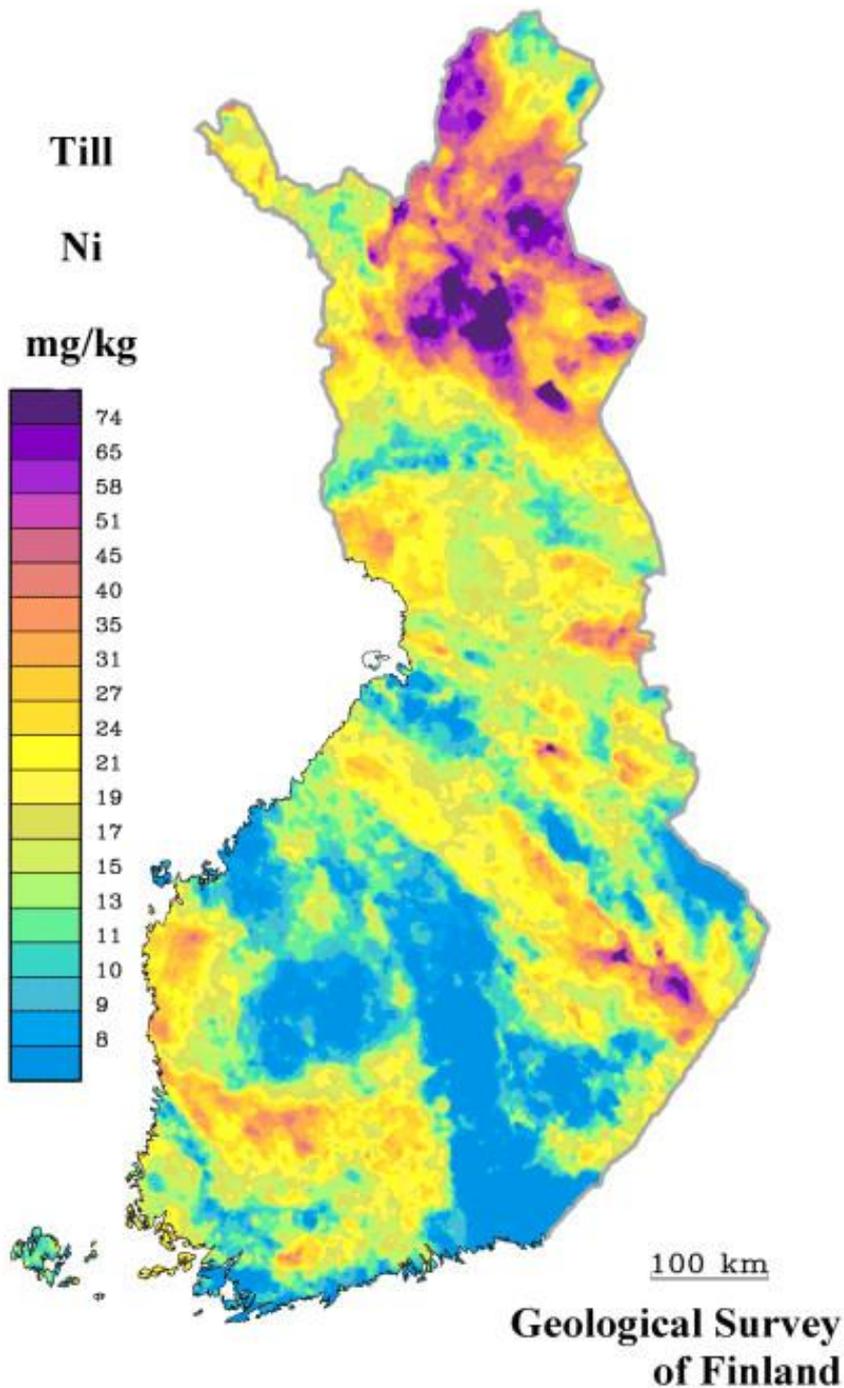


- ✓ Для более надежного выявления АГХП рудной природы целесообразно использовать комплексные показатели накопления, которые позволяют лучше оценить структуру АГХП, чем простое совмещение моноэлементных карт
- ✓ Выбор полиэлементных показателей может производиться на основе факторного анализа

# Тиллевая литохимическая съемка - ТЛС

- Метод глубинных литохимических поисков по вторичным ореолам в районах развития покровно-ледниковых отложений.  
Литохимические ореолы в базальных тиллах являются существенно механическими по своей природе, несмещенными или мало смещенными от коренного источника.
- Отбор проб моренного материала должен производиться из нижних горизонтов моренного покрова (0-0.5 м от поверхности коренных пород). Требуется мотобуры.

- После высушивания проб из них высеивается фракция  $<0.5$  или  $0.25$  мм, которая истирается и направляется на анализ.
- На участках и площадях сплошной заболоченности может применяться торфометрическая съемка для выявления вторичных наложенных ореолов в органогенных отложениях, с отбором проб торфа с глубин  $0.5-1$  м, их высушиванием, измельчением, сухим или мокрым (кислотным) озолением.



# Метод «Геопочва-Геогаз»

- В каждой точке отбираются две пробы: одна из почвы, вторая – из почвенного воздуха.
- Из почвы – с глубины 20-30 см из иллювиального почвенного горизонта В, т.е. из области максимального накопления преимущественно неорганических вторично закрепленных форм химических элементов. Вес пробы 300-500 г. Ситование < 1 мм.
- Воздух с глубины 20-40 см. Забор до 50 л почвенного воздуха.

# Многоцелевое геохимическое картирование (МГХК)

- Замена случайного опробования по регулярной сети на детерминированное опробование квазиоднородных участков, выделенных на основе многофакторного районирования.
- Применение современных аналитических инструментальных многокомпонентных методов
- Создание полистных банков данных и компьютерная обработка информации по комплексу программ “ГЕОСКАН”.

# ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ОТЛИЧИЯ ТЕХНОЛОГИИ МГХК (Б) ОТ СТАНДАРТНОЙ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ (А)

**А**

**Б**

Нет ←

→ Да

Проведение  
многофакторного  
районирования  
и выделение  
квазиоднородных площадок

4-20 пунктов  
на 1 см<sup>2</sup>  
карты ←

→ 1 пункт  
на 1 см<sup>2</sup>  
карты

Плотность  
опробования

1 ←

→ 3-6

Количество  
опробуемых  
компонентов ПГС

← Элементы-индикаторы  
рудных объектов  
определенного рудно-  
формационного типа

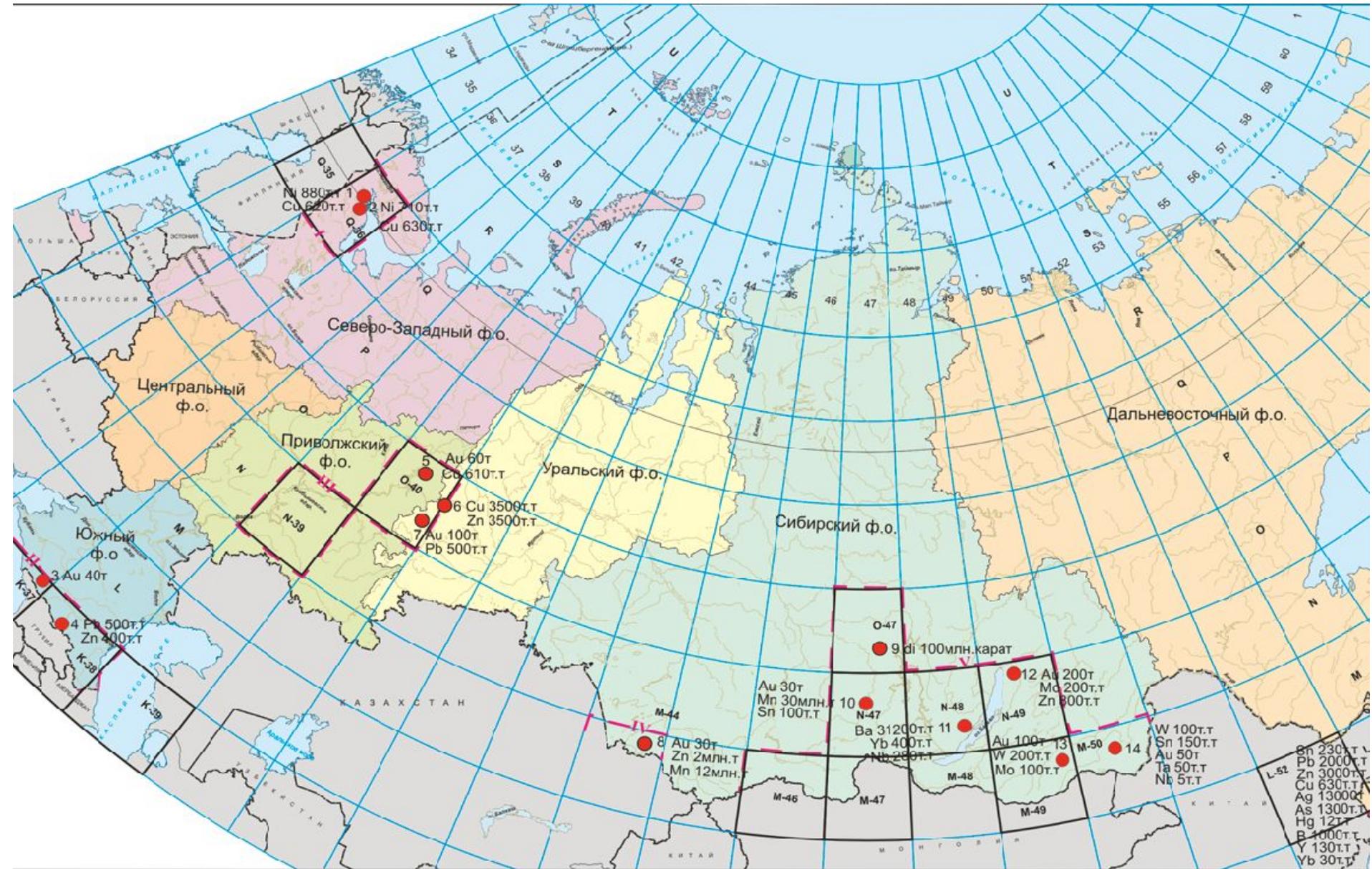
→ Комплекс  
индикаторных,  
токсичных и  
биофильных  
элементов

Анализируемый комплекс  
химических элементов  
(х.э.)

← Карты распределения  
содержаний Х.Э., их  
ассоциаций, показателей  
в одном компоненте ПГС  
Итоговая прогнозная  
геохимическая карта

→ Карты распределения  
содержаний Х.Э., их  
ассоциаций, показателей  
в 3-6 компонентах ПГС  
Карта ИГАП  
6 итоговых карт

Составляемые  
карты



**Условные обозначения**



Территории работ, их номера и номенклатура листов

- I-Карело-Кольская
- II-Северо-Кавказская
- III-Волго-Уральская

- IV-Алтайская
- V-Южно-Сибирская
- VI-Приморская
- VII-Южно-Камчатская
- VIII-Северо-Камчатская



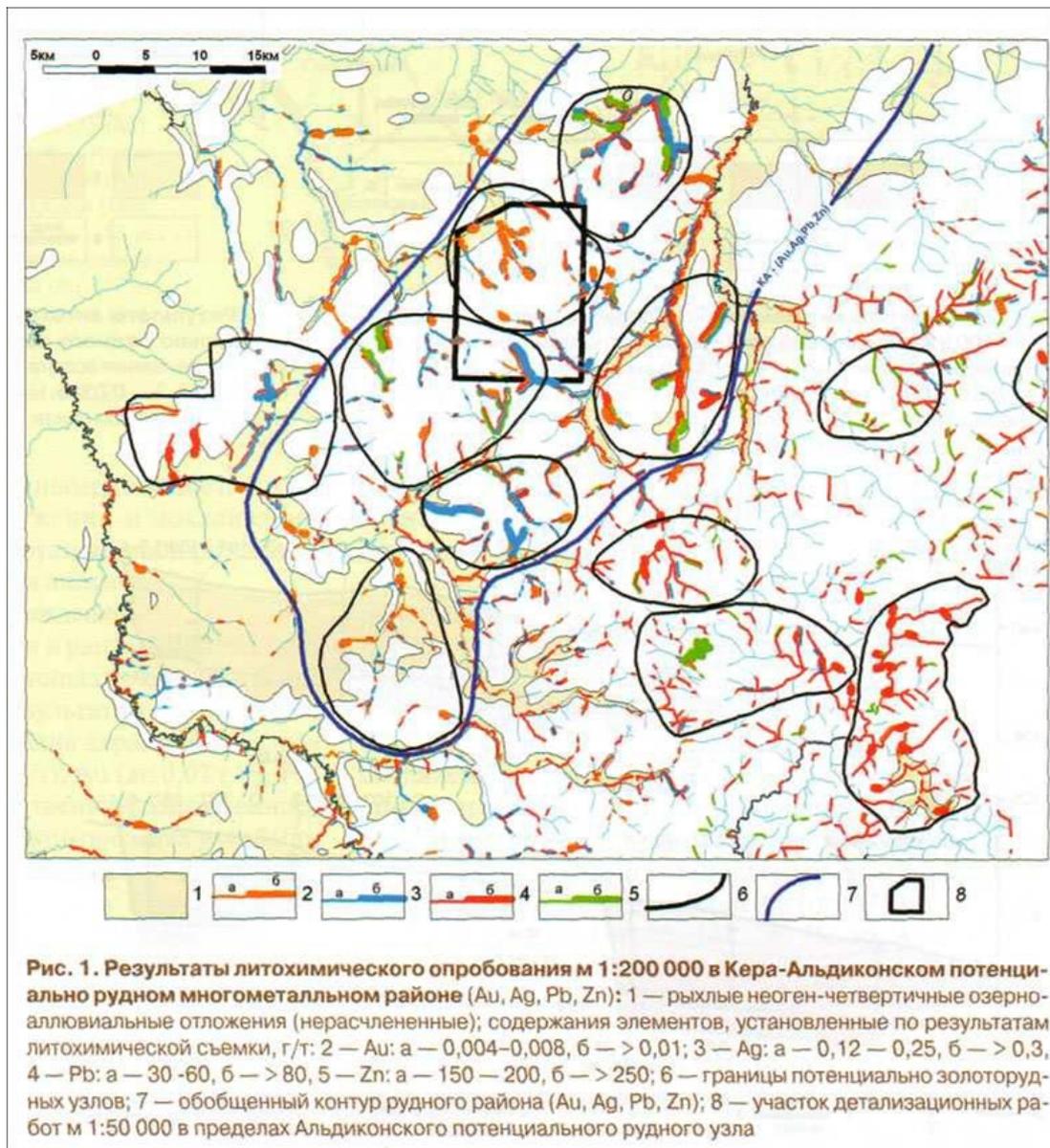
Рудные районы с очень высокой инвестиционной привлекательностью

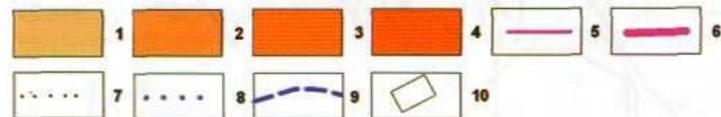
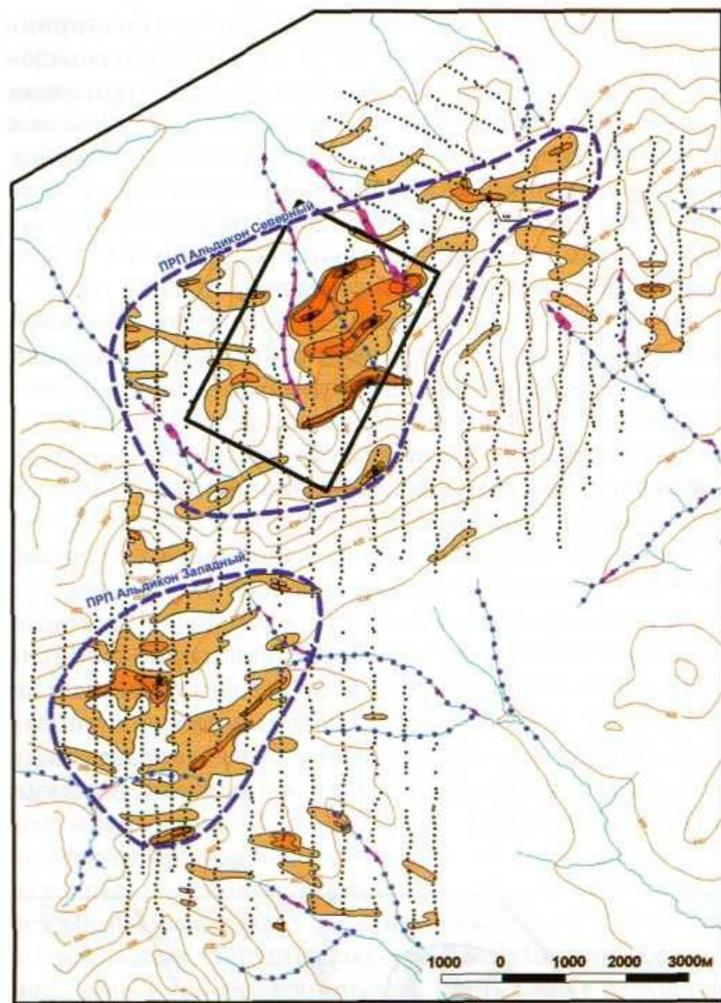
- 1-Нольозерский
- 2-Чупинский
- 3-Урупский

- 4-Садонский
- 5-Вогульский
- 6-Нижне-Тагильский
- 7-Староуткинский
- 8-Ново-Фирсовский
- 9-Дешимский
- 10-Николаевский

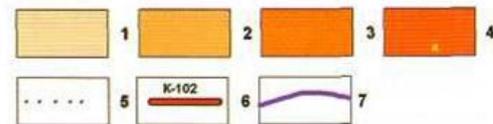
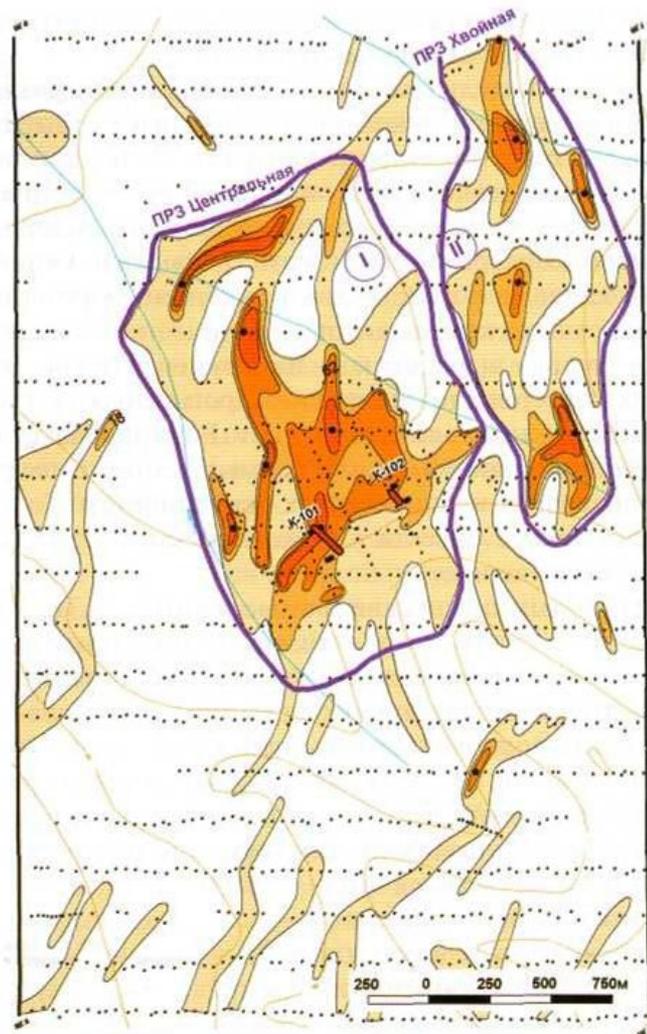
- 11-Затхун-Сарменский
- 12-Светлинско-Котерский
- 13-Оленгуйский
- 14-Кукульбейский
- 15-Светловодненский
- 16-Арминский
- 17-Дальнегорский

Домчак В.В., Третьяков В.Н. Результаты детализации рудогенных аномалий при ОГХР-200 в Амурском секторе зоны БАМ // Разведка и охран недр. 2010. № 5.

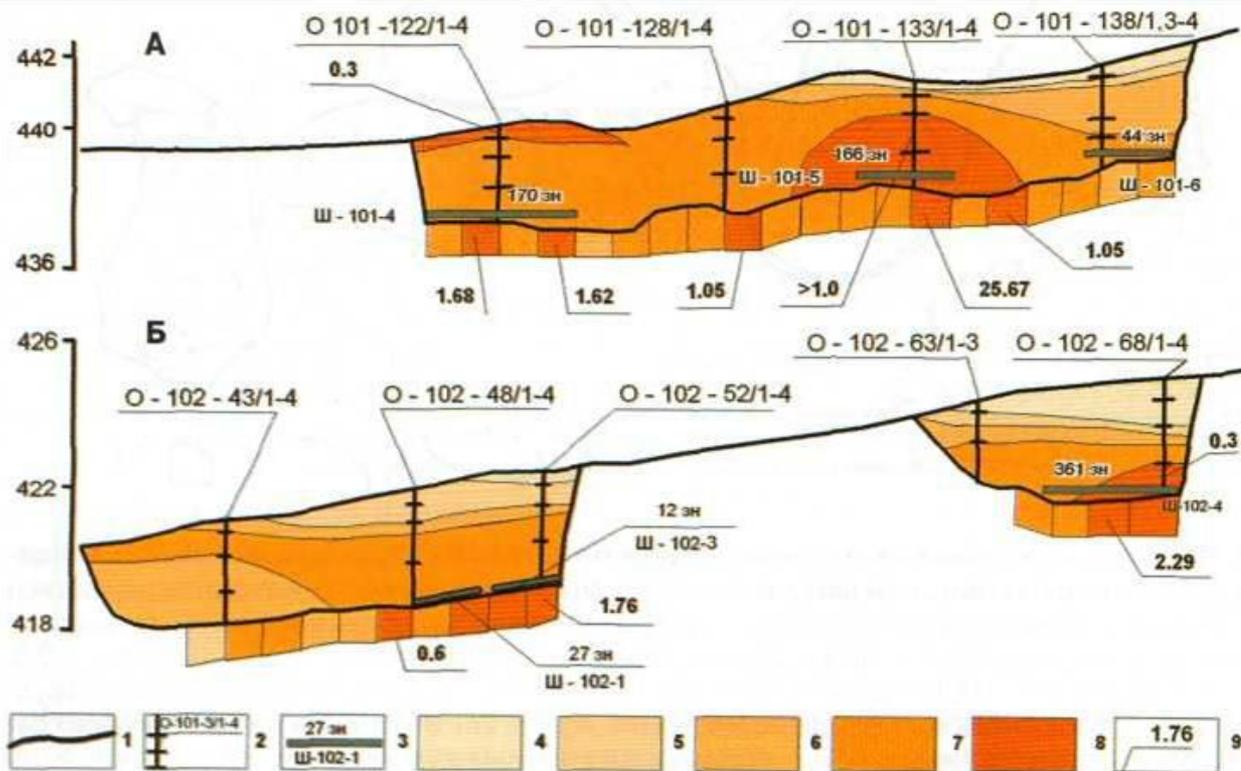




**Рис. 2. Результаты литохимического опробования М 1:100 000 — 1:50 000 в Альдиконский потенциально рудном узле:** вторичные ореолы рассеивания золота с содержаниями, г/т: 1 — 0,004–0,01, 2 — 0,01–0,03, 3 — 0,03–0,1; 4 — > 0,1; потоки рассеивания золота с содержаниями, г/т: 5 — 0,004–0,01, 6 — > 0,01; точки пробоотбора: 7 — почв, 8 — донных осадков; 9 — границы выделенных рудных полей; 10 — участок детализационных работ М 1:25 000 в пределах потенциально рудного поля Альдикон Северный



**Рис. 3. Результаты литохимического опробования М 1:25 000 потенциально рудного поля Альдикон Северный:** вторичные ореолы рассеивания золота с содержаниями, г/т: 1 — 0,004–0,01, 2 — 0,01–0,03, 3 — 0,03–0,1; 4 — > 0,1; 5 — точки пробоотбора почв; 6 — линии пунктирных канав; 7 — контуры рудных зон (I — Центральная, II — Хвойная)



**Рис. 4. Результаты заверочного бороздowego и пунктирно-бороздowego опробования канавами потенциально рудной зоны Центральная:**  
 А — фрагмент линии канав 101, Б — то же, 102; 1 — верхняя граница коренных пород; 2 — вертикальные разрезы литохимического опробования рыхлых отложений; 3 — шлиховые пробы из рыхлого элювио-делювия (44 зн. — количество знаков золота в шлихе); содержания золота в коренных породах и рыхлых образованиях, г/т: 4 — 0,004 — 0,008, 5 — 0,01 — 0,025, 6 — 0,03 — 0,08, 7 — 0,1 — 0,25, 8 — > 0,3, 9 — максимальные

# Гидрогеохимические поиски

- Наиболее эффективным является применение гидрогеохимического метода для поисков МПИ, находящихся в следующих условиях:
- 1) **на участках, перекрытых мощным чехлом приносных отложений**, когда неэффективен даже биогеохимический метод поисков;
- 2) **в резко расчлененных высокогорных районах**, где из-за специфических условий дренажа подземных вод метод становится не только более глубинным, но и возможна более точная интерпретация гидрогеохимических аномалий;
- 3) **в платформенных условиях** при

- **Наиболее благоприятными объектами для гидрогеохимических поисков являются месторождения минеральных солей — различных природных хлоридов и сульфатов.**
- Суммарное содержание этих соединений в природных рассолах может превышать 350 г/л, и они способны устойчиво сохраняться в растворах, определяя солевой состав океанической воды (сумма солей 35.6 г/л).
- Учитывая, что общая минерализация пресных, в т. ч. речных, вод обычно составляет 1.0—0.5 г/л, можно оценить тот диапазон, в котором могут лежать аномальные содержания солей в поверхностных и подземных водах суши.

- Из рудных месторождений наиболее благоприятными объектами для гидрохимических поисков являются **сульфидные**, главным образом **колчеданно-полиметаллические**, и, особенно, богатые дисульфидами **медноколчеданные** месторождения.
- Природные воды обогащаются рудными элементами в основном при **гипергенном окислении сульфидных руд**, в ходе которого труднорастворимые, но неустойчивые сульфиды до превращения в устойчивые и труднорастворимые вторичные минералы проходят стадию легкорастворимых сульфатов.

- Несмотря на процессы самоочищения природных вод от содержаний рудных элементов, их повышенные, аномальные концентрации сохраняются в речных и подземных водах на расстояниях до **500—1000 м, иногда до нескольких километров** от месторождений.
- Результаты гидрохимического метода зависят от **сезонных колебаний уровня грунтовых вод, выпадения атмосферных осадков и режима гидростока рек**, за короткий отрезок времени изменяющегося в сотни раз. Это определяет неустойчивость количественных параметров гидрохимического фона.

# Изображение результатов анализа и оценка аномалий

- По материалам региональных гидрогеохимических исследований **составляются карты** общего химического и микрокомпонентного состава вод. На карте общего химического состава **выделяются генетические типы вод и приводится их химический состав**. Эта карта составляется на гидрогеологической основе с учетом ландшафтно-геохимических условий.
- На карте микрокомпонентного состава **выделяются участки**, различающиеся по комплексу микрокомпонентов, а в их пределах — **площади с аномальными содержаниями**

- **Расчет всех фоновых и аномальных содержаний осуществляется дифференцированно по отношению к опробуемым типам вод, водоносным комплексам и геохимическим ландшафтам.**
- При значительном изменении минерализации вод иногда возникают затруднения в разбраковке аномалий. В этих случаях целесообразно использовать **отношения содержаний отдельных компонентов между собой и общей минерализацией воды:**  
 $SO_4/M$ ;  $SO_4/Cl$ ;  $B/Cl$ ;  $SO_4/HCO_3$ ;  $Zn/M$ ;  $B/M$   
(**M** — **общая минерализация воды** в точке отбора).
- В случае их существенного отличия от аналогичных отношений, вычисленных для заведомо безрудных участков, они могут являться одним из признаков поисковых

# Отбор и анализ гидропроб: общие положения

- из источников подземных вод;
- из поверхностных вод (реки, ручьи, болота, мочажины, озера, пруды);
- из скважин, колодцев, канав, шурфов, штолен, шахт и других горных выработок.
- Ультрамалые концентрации микроэлементов, на которые ориентированы гидрохимические поиски, требуют высокой чистоты посуды и затрудняют хранение проб вследствие микробиологических и химических реакций, протекающих в воде, осаждения металлов взвесьями и на стенках сосуда.

Основная часть проб обрабатывается и подготавливается к анализу на месте отбора проб в полевых гидрохимических лабораториях. Здесь выполняются общие наиболее простые анализы проб на некоторые макрокомпоненты ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HSO}_3^-$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{Fe}_{\text{общ.}}$ ) и сумму некоторых микрокомпонентов (Cu, Pb, Zn). В стационарные лаборатории направляются только сухие остатки или концентраты, а также пробы воды для ее полного химического анализа.

Наиболее перспективными являются методы концентрирования растворенных микрокомпонентов путем их перевода в твердую фазу непосредственно у водоисточника и последующего анализа воды.

# Густота сети опробования природных вод при гидрохимических поисках различных масштабов

Масштаб	Число пунктов опробования на 1 кв. км в зависимости от сложности геологического строения и ландшафтно-геохимических условий		
	простые	средние	сложные
1 : 200 000	0.1	0.15	0.2-0.4
1 : 50 000	1.1	1.7	1.5-2.0
1 : 25 000	2.3	3.4	4-5
1 : 10 000	Опробуются все водопункты при расстоянии между ними не более 100 м, если это невозможно выполнить, поиски данного масштаба проводиться не могут		

# Отбор проб

- Проба объемом 0.5-1 л отбирается в стеклянные или пластиковые бутылки.
- Посуду и пробки сначала моют раствором соляной кислоты, затем ополаскивают дистиллированной водой.
- Перед взятием пробы воды бутылки и пробки следует сполоснуть водой, отбираемой на анализ.
- После определения рН воду для консервации подкисляют безметальной соляной или серной кислотами.
- Мутные воды требуют отстоя и фильтрации.
- Опробование подземных водоносных горизонтов производится специальными пробоотборниками после предварительной промывки скважины и

## В процессе пробоотбора из источников проводят следующие наблюдения:

- устанавливается геоморфологическое положение источника;
- описывается литологический состав и характер трещиноватости отложений, к которым приурочен выход поверхностных вод; особое внимание обращается на участки с рудной минерализацией;
- определяется тип водопроявления и, по возможности, питающий его водоносный горизонт;
- описываются условия выхода воды на поверхность;
- описываются физические свойства воды, отмечается наличие и примерный состав спонтанных газов;

• описывается состав воды из источника и устанавливается их

# Опробование поверхностных водотоков

- Производится в местах наиболее спокойного течения, на участках возможного выклинивания подземных вод
- Небольшие водоемы и водотоки характеризуют единичными пробами; крупные – серией проб, отобранных по профилям.
- При опробовании производят:
  1. описание гидрогеологических условий района;
  2. измерение расходов потоков и температуры воды в них;
  3. описание физических свойств отобранной воды.

# Опробование буровых скважин

- Отбор проб из самоизливающихся скважин проводят непосредственно из струи.
- В случае отсутствия самоизлива необходима прокачка скважины.
- Отбор проб из несамоизливающихся скважин следует производить антикоррозийными и герметичными пробоотборниками.
- Комплекс наблюдений при гидрохимическом отборе буровых скважин включает:
  1. характеристику геологического разреза;
  2. измерение глубины установившегося уровня воды;
  3. измерение дебита воды (в случае самоизлива и при откачках);
  4. измерение температуры воды;
  5. установление конструкции скважины и технологии бурения

# Методы концентрирования микроэлементного состава воды

1. Для перевода рудных элементов из раствора в **осадок** непосредственно у водопунктов существуют разные способы:
  - *Способ ТПИ* (Томского политехнического института) – соосаждение микроэлементов с гидроксидом алюминия в присутствии сульфида натрия. В течение 25-30 мин гидроксид алюминия осаждается на дне сосуда вместе с сульфидами и гидратами оксидов металлов.
  - *Способ ВИТР-ЛТИ* (Всесоюзного института методики и техники разведки и Ленинградского технологического института) – соосаждение микроэлементов с сульфидом кадмия в присутствии хлорида железа.
2. Применяется метод **сорбции** на активированном угле, ионно-обменных смолах и др. Сорбент на 3-4 дня погружается в водоисточник.
3. Полнота концентрирования микроэлементов достигается лишь при определении валового содержания в **сухом остатке** гидрохимических проб, полученном при выпаривании. Воду подкисляют серной кислотой, выпаривают на песчаной бане, остаток подвергают спектральному анализу.

# Атмогеохимические поиски

- Атмохимические (газовые) поиски месторождений полезных ископаемых основаны на исследовании состава **подземной атмосферы** — химического состава газов, насыщающих горные породы вблизи дневной поверхности.
- Если газовый пробоотбор ведется с малой глубины (1-3 м), принято говорить об **исследовании подпочвенного воздуха**. Современные газовые съемки выполняются с глубиной пробоотбора 20-600 м.
- Реже исследуется газовый состав приземной атмосферы, хотя именно в этом варианте существенно возрастает оперативность атмохимической съёмки. Аэрозольные съёмки правильнее относить к числу литохимических

# Условия применения

- Основной объем работ при поисках месторождений полезных ископаемых приходится на долю поисков **нефтегазовых залежей**. Природная нефтяная залежь представляет собой смесь жидких и газообразных углеводородов.
- **Газортутные съёмки** — косвенный метод поисков месторождений, только для собственно ртутных месторождений выделяются три месторождений они являются прямыми. В сульфидных минералах и месторождениях халькофильной группы элементов обнаруживаются существенно повышенные

- При поисках рудных тел геохимические методы **следует использовать на участках, перекрытых толщей молодых отложений.**
- Применение геохимических методов поисков рудных месторождений наиболее целесообразно на стадии «поиски месторождений полезных ископаемых» при масштабе исследований **1:50 000 - 1:25 000.**
- Среди газов рудных месторождений выделяются три основные группы:
  - газы, сингенетичные процессу рудообразования
  - газовые компоненты зон тектонических нарушений;
  - газы гипергенных процессов

- Проведению поисковых работ атмогеохимическими методами во всех новых районах должны предшествовать **опытно-методические исследования**, которые должны дать ответ на следующие вопросы:
- образуются ли над ожидаемыми телами полезных ископаемых в конкретной геологической и ландшафтно-геохимической обстановке газовые ореолы рассеяния;
- какие индикаторы образуют аномалии;
- какой является наиболее целесообразная глубина пробоотбора;
- каковы значения фоновых и аномальных содержаний, выбранных для поисков индикаторов;
- являются ли в данных условиях атмохимические поиски более эффективными и дешевыми по сравнению с другими методами поисков

# Атмохимические съемки

- метод геохимических поисков полезных ископаемых и геологического картирования, основанный на исследовании состава газообразных компонентов в подпочвенной и приземной атмосфере. Съемки выполняются преимущественно в масштабах 1:1 000 000 – 1:100 000 при поисках месторождений нефти и газа, а также погребенных рудных месторождений в закрытых районах с мощностью чехла молодых осадков более 10 м.
- Наиболее широкое применение атмохимические методы получили при поисках радиоактивных руд (радоновая и тороновая съемки), нефтяных и газовых месторождений.
- Самостоятельными видами атмохимических съемок являются **газортутные** и **гелиевые** съемки.

# Газортутные съемки

- проводятся с целью поисков погребенных рудных месторождений (прежде всего, ртутных).
- Наиболее распространены съемки по почвенному воздуху. Опробование выполняется из шпуров глубиной 0.4-0.7 м зондом с золотым сорбентом. Отсос газа в объеме 0.5-1 л проводится со скоростью 1 л/мин. После прокачки поглощенная сорбентом ртуть десорбируется нагреванием и потоком атмосферного воздуха вводится в ртутный фотометр.
- Глубинность газортутного метода при поисках колчеданных и полиметаллических месторождений достигает 300 м, ртутных и сурьмяных месторождений – 400 м. Рациональный масштаб поисковых съемок 1:50 000, плотность сети наблюдений 500-50 м.

# Гелиевые съемки

- Геохимический метод картирования крупных блоков земной коры, имеющий ограниченное поисковое значение, хотя содержание гелия нередко определяется при геохимических поисках. В качестве самостоятельного вида работ гелиевые съемки выполняются в масштабах 1: 2 500 000 – 1: 1 000 000.
- В подземных условиях свободный подвижный гелий равномерно распределен во всех фазах вмещающей среды: минералах и породах, в подземных породах и свободных газах. На практике широко применяется водно-гелиевая съемка. Содержание гелия определяют с помощью магниторазрядных индикаторов типа ИНГЕМ.
- Приповерхностное поле гелия отражает современный газообмен в верхней части литосферы, происходящий

# Биогеохимические поиски

- Биогеохимические поиски месторождений полезных ископаемых **основаны на исследовании химического состава живого вещества, как правило, состава растений.**
- Между химическим составом живых организмов и составом среды обитания существует бесспорная зависимость, в предельных случаях проявленная сменой их видового состава, усиленным или угнетённым развитием и появлением морфологических особенностей.

- Характеристика геологической роли биогенной миграции микроэлементов - величина отношения между содержаниями элемента в золе растения и в почве, на которой оно произрастает.
- Этот показатель получил название коэффициента биологического поглощения и обозначается  $A_x$ :
- $A_x = C_2 / C_1$ ,
- где  $C_2$  — содержание элемента в золе растения, %;  $C_1$  — содержание этого элемента в почве.

# Условия применения

- Применение целесообразно, когда он обладает преимуществом перед более простым литохим. методом по вторичным ореолам рассеяния.
- **гумидная зона при замедленной денудации**, если широкое развитие получили процессы выщелачивания элементов-индикаторов из элювиально-делювиальных отложений и кор выветривания;
- **гумидная и умеренно влажная зона**, если вторичные литохимические ореолы перекрыты дальнеприносимыми отложениями мощностью до 40 м;
- **пустыни или полупустыни аридной зоны**, если вторичные литохимические ореолы или непосредственно рудные зоны перекрыты дальнеприносимыми отложениями мощ. до 30-40 м;

- **заболоченные равнины и торфяники** при неглубоком (2-10 м) залегании потенциально рудовмещающих коренных пород;
- **на участках, покрытых сплошным моховым покровом**, где отбор литохимических проб затруднен и связан с большими затратами;
- **на участках, покрытых растительным покровом**, и со слепыми литохимическими ореолами рассеяния, верхняя граница которых находится на глубине не менее 1 м от дневной поверхности;
- **на участках, перекрытых крупноглыбовыми куррумовыми осыпями**, поросшими деревьями и кустарниками;
- **на болотах** (при условии их промерзания и возможности зимнего отбора проб).

- Опытные работы должны проводиться над рудными телами и безрудными участками и включать ботанические и биогеохимические исследования.
- При **ботанических исследованиях** определяют основные виды растений, произрастающих в данном районе, и составляют гербарий.
- С помощью **биогеохимических опытных работ** решают следующие задачи:
- определение влияния фенологических фаз развития и возраста на содержание элементов-индикаторов в наиболее распространенных растениях района;
- установление закономерностей распределения элементов-индикаторов по частям растений;

- установление у основных растений района физиологических барьеров поглощения элементов-индикаторов;
- определение растений, наиболее пригодных для опробования;
- выявление комплекса элементов-индикаторов, определение содержаний которых необходимо проводить в пробах;
- установление морфологических и биохимических особенностей биогеохимических ореолов в зависимости от состава и размеров рудных тел и вторичных литохимических ореолов, от мощности рыхлых отложений, ландшафтно-геохимических условий;

- определение в конкретных ландшафтно-геохимических условиях глубинности метода при отборе в пробы основных растений;
- сопоставление результатов биогеохимических поисков с литохимическими;
- установление различий в распределении основных элементов-индикаторов в одних и тех же растениях, произрастающих в различных ландшафтно-геохимических условиях.

# Классификация биогеохимических методов поисков

- фитогеохимический
- торфогеохимический
- бриогеохимический (исследование водного мха из нижней части водосборного бассейна)
- гумусогеохимический
- метод лесной подстилки

# Методика биогеохимических поисков

## включает:

1. Выбор площадей.
2. Масштабы и поисковые сети.
3. Отбор проб растений.
4. Подготовка проб растений к анализу.
5. Анализ биогеохимических проб.
6. Обработка результатов биогеохимических исследований.
7. Оценка биогеохимических аномалий.

# Рекомендуемые поисковые сети при биогеохимических поисках

Масштаб	Интервалы, м		Число точек отбора проб на 1 км <sup>2</sup> площади
	между профилями	между точками опробования	
1:200 000	2000	100–500	1–5
1:100 000	1000	50–200	5–20
1:50 000	500	20–100	20–100
1:25 000	250	10–50	80–400
1:10 000	100	10–20	500–1000
1:5000	50	5–20	1000–5000
1:2000	20	2–20	2500–25 000
1:1000	10	2–10	10 000–50 000

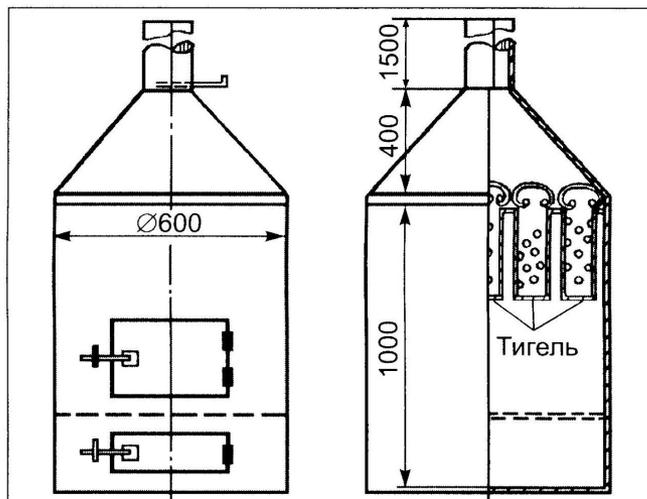
# Отбор проб

- **Сеть пробоотбора при проведении биогеохимических исследований, ориентировка профилей и последовательность укрупнения масштаба работ должны соответствовать требованиям литохимических поисков по вторичным ореолам.**
- **Один вид растений должен опробоваться подряд не менее чем на пяти точках по профилю.**
- **При опробовании травянистых растений** (соотношение между отдельными частями в которых всегда примерно одинаково) в пробу лучше брать **всю надземную часть**, кроме прикорневых листьев, загрязненных почвой.
- **При опробовании многолетних кустарников и деревьев следует брать только одну и ту же**

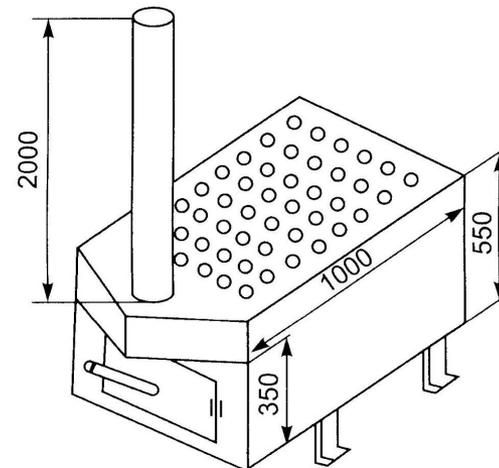
# Обработка проб

- Отобранные биогеохимические пробы в полевых условиях сушатся и измельчаются. В случае сильного запыления пробы нужно промыть. Ввиду опасности “вымывания” элементов промывание следует проводить как можно быстрее.
- Затем в лаборатории пробы подвергаются озолению в специальных печах. Полученную золу прокаливают в муфельных печах в течение 4—6 ч при температуре 500-600 °С. В таких условиях в пробах выгорают органические вещества. Прокаленная зола растирается.
- При необходимости определения в биогеох. пробах легколетучих элементов (Hg, As, Sb и др.)

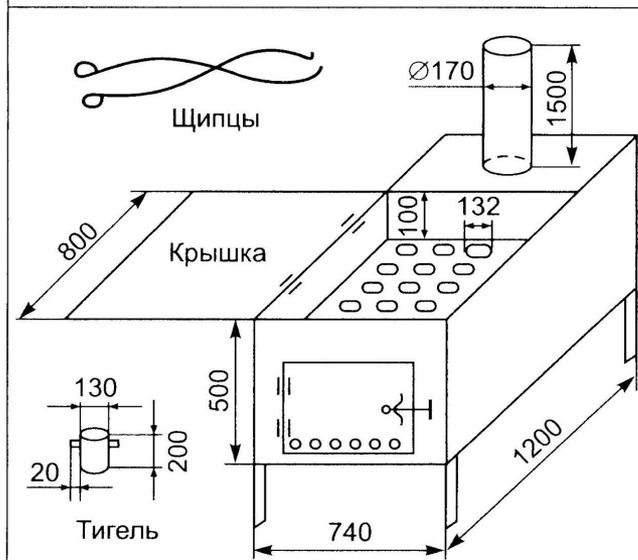
# Печи для озоления проб растений



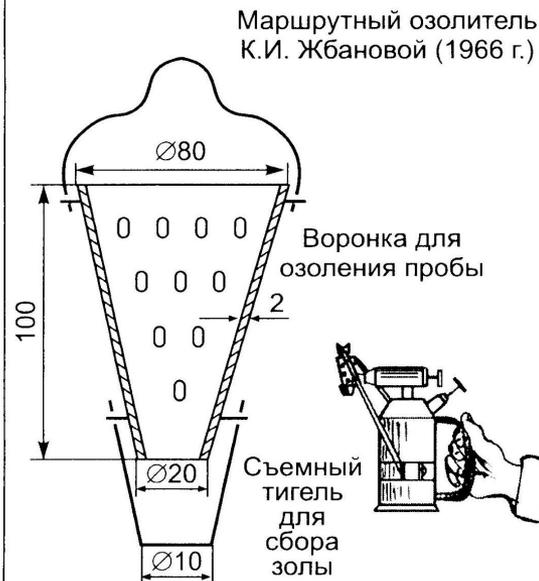
Печь В.И. Медведева



Печь М.В. Солодянкина и др. (1966 г.)



Печь Е.П. Захарова

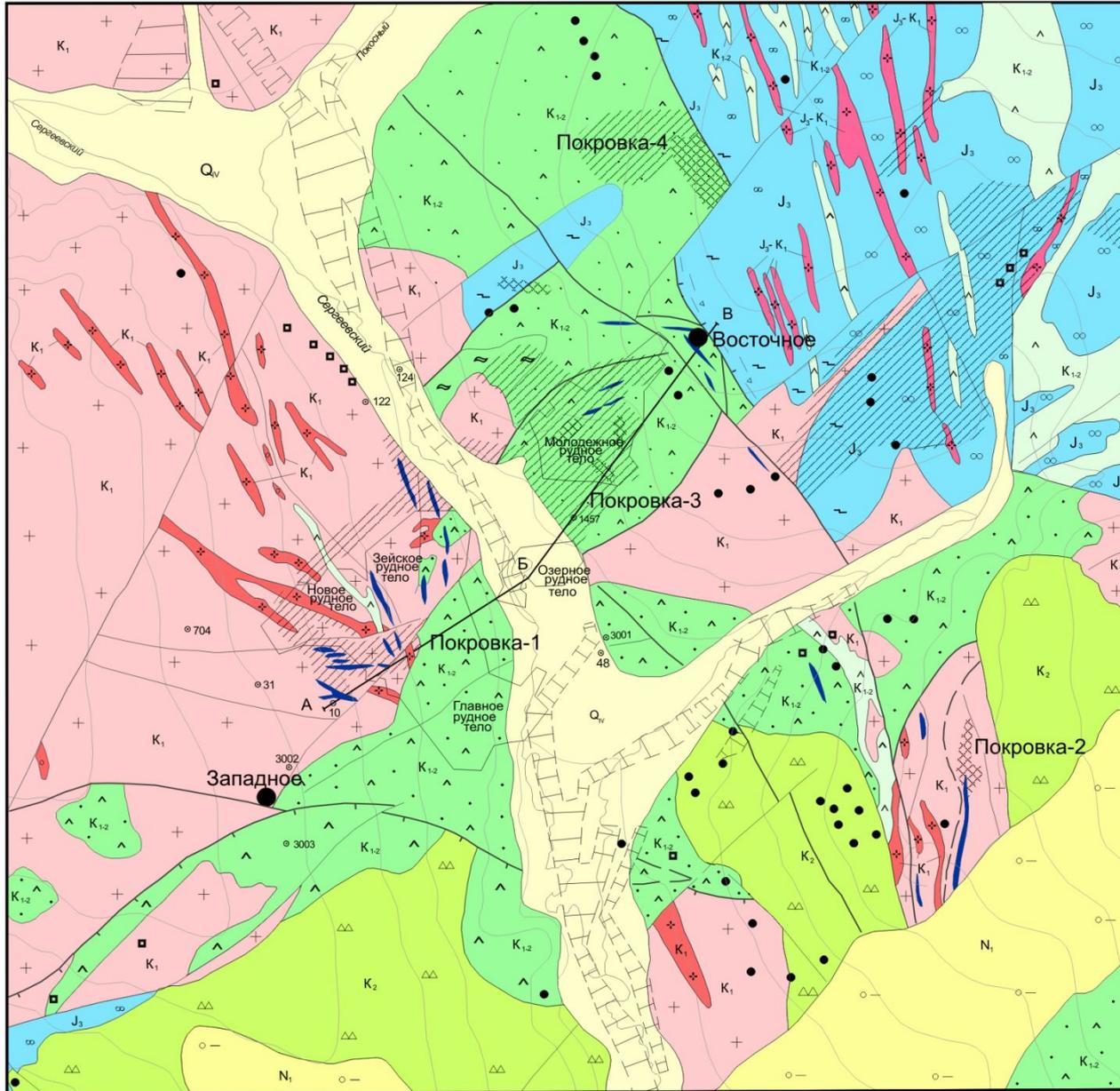


Маршрутный озолитель  
К.И. Жбановой (1966 г.)

# Покровское золоторудное месторождение

(схематическая геологическая карта  
со снятым чехлом рыхлых отложений)

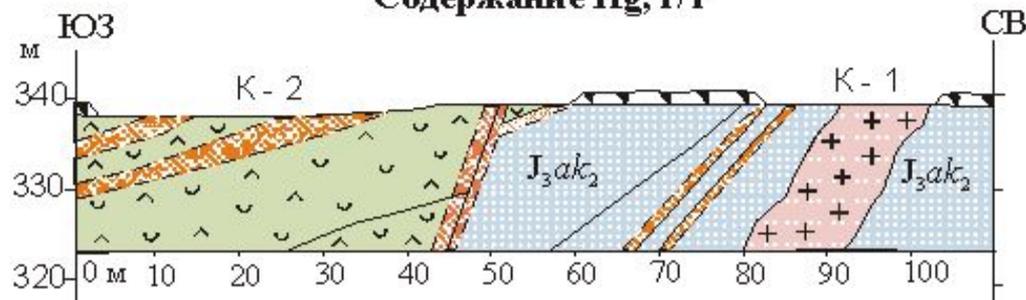
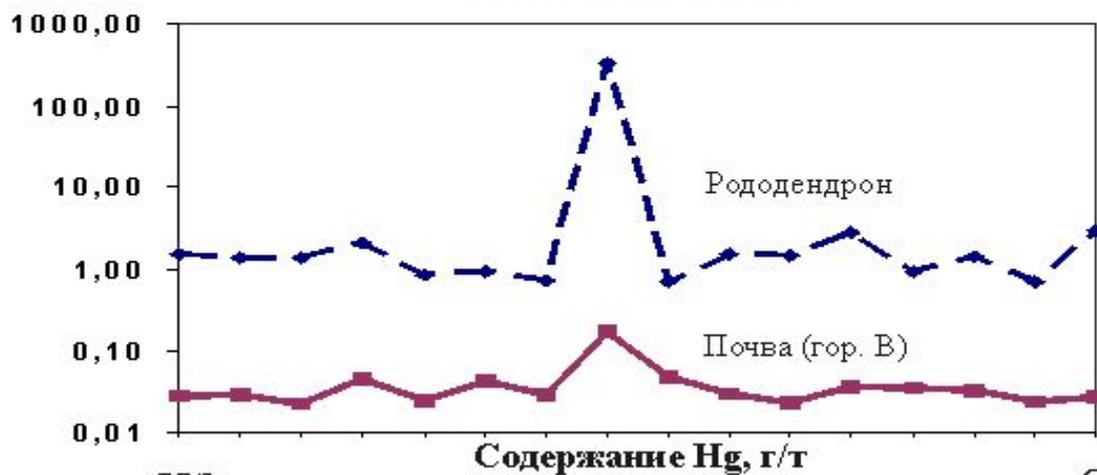
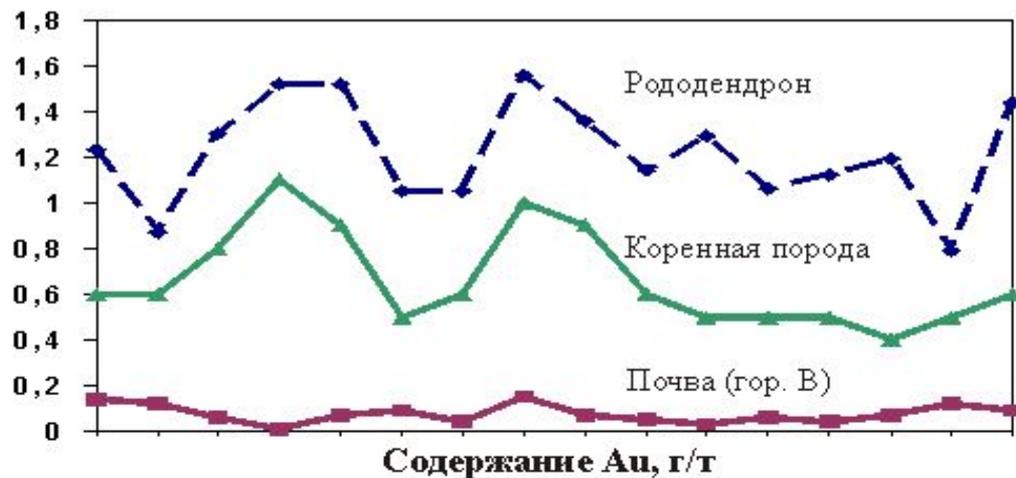
250 м

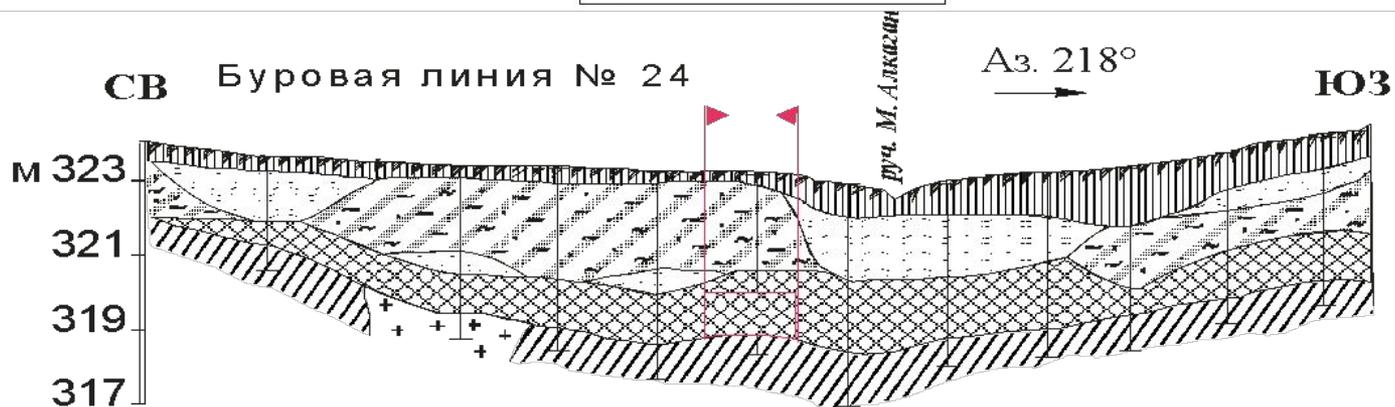
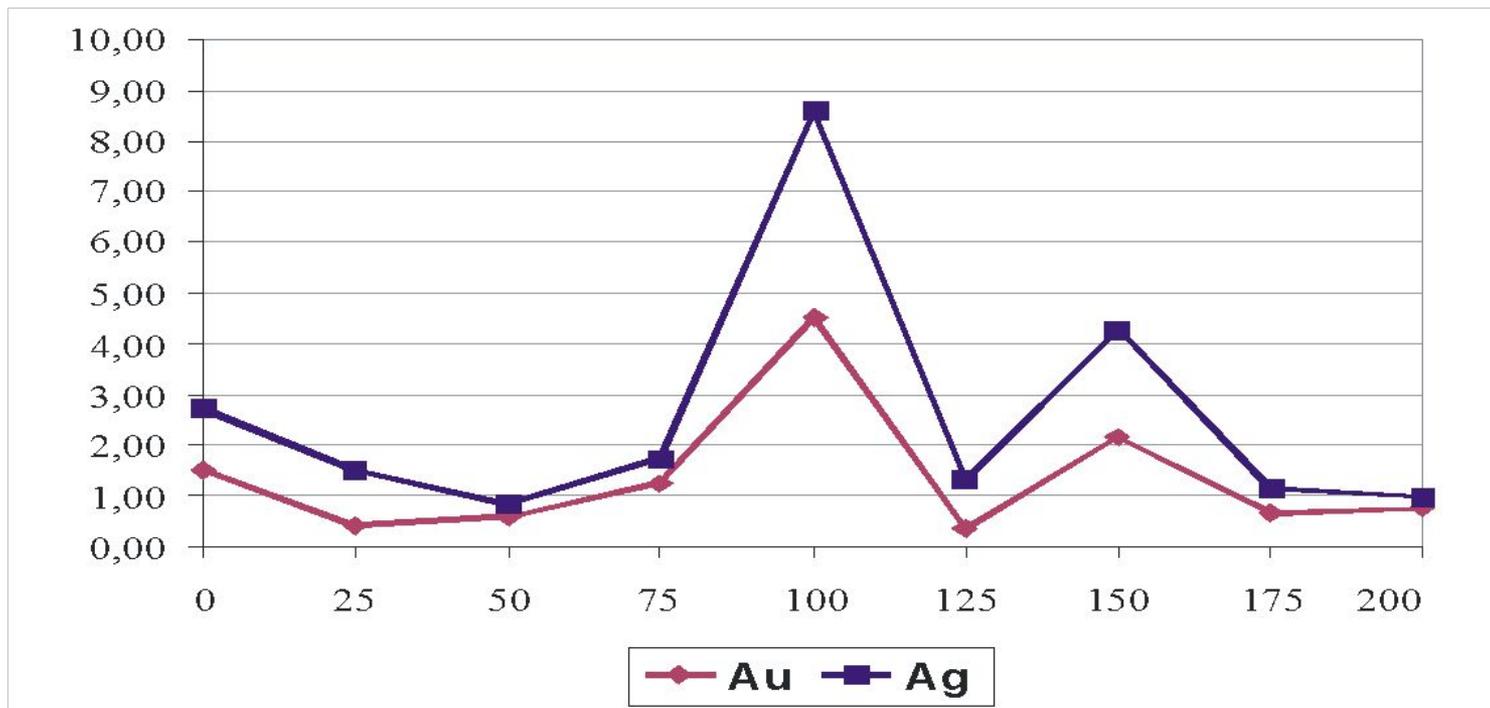


- Q<sub>v</sub> Аллювиальные пески, галечники, щебень, глины, суглинки
- - N<sub>1</sub> Пески разнозернистые, глины каолин-монтмориллонитовые
- △△ K<sub>2</sub> Брекчии и конглобрекчии грубообломочные, слабцементированные и неотсортированные с линзами песчаников
- . K<sub>1,2</sub> ^ Дацинты, их туфы
- ~ J<sub>3</sub> Алевриты, аргиллиты
- ∞ J<sub>3</sub> Песчаники полиминеральные
- ^ K<sub>1,2</sub> Дацинты субвулканические
- \* K<sub>1</sub> Гранит-порфиры мелко - средне-порфировые
- + K<sub>1</sub> Граниты биотитовые
- \* J<sub>3</sub> - K<sub>1</sub> Гранит-порфиры крупнопорфировые
- ^ дациты    . туфы    ~ лавы
- пески    - глины    △ дресва
- Кварцевые жилы
- Окварцевание прожилково-сетчатое
- Делювиальные развалы кварца и окварцованных пород
- a) b) в) Разрывные нарушения: а) главные; б) второстепенные; в) надвиги
- △ △ △ Зоны брекчирования, милонитизации, расланцевания
- Контуры разведанных и апробированных запасов рудного золота
- Рудопроявления золота
- Контуры промышленных запасов россыпного золота
- Участки наиболее интенсивной подпитки россыпей золота из коренных источников
- Штуфные пробы из делювия с содержанием золота свыше 0,5 г/т
- Шлиховое золото в делювии
- ↑ 10  
↑ 48 Скважина, ее номер

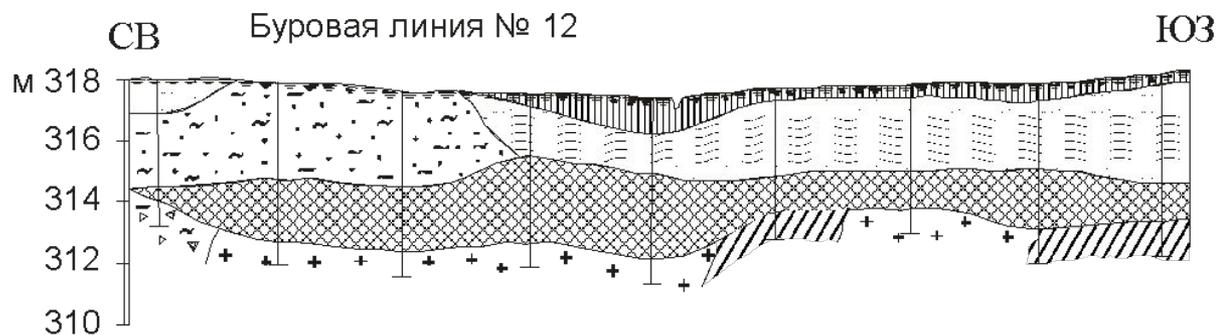
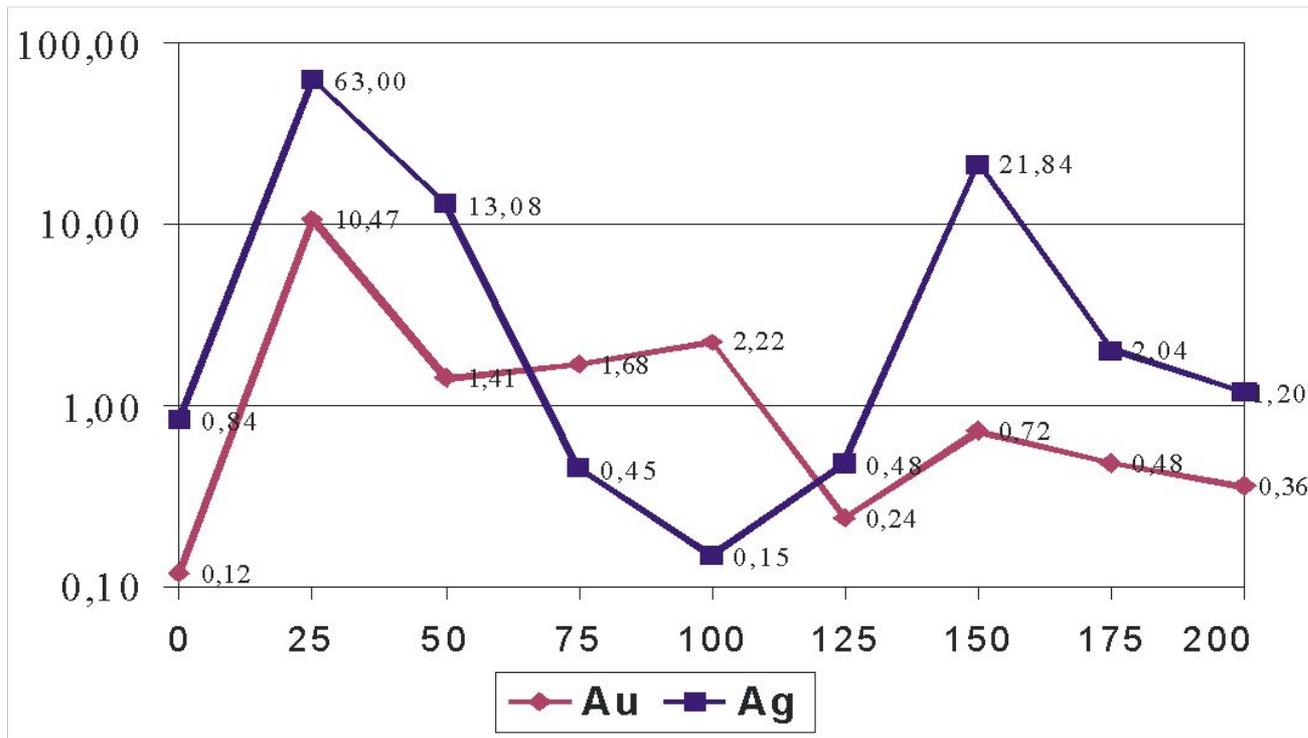


Графики  
распределения  
содержаний Au и  
Hg в растениях,  
почве, коренных  
породах по  
геологическому  
профилю участка  
«Покровка – IV»





**Распределение золота и серебра в золе растений по биогеохимическому профилю над россыпью долины ручья Мал. Алкаган**



**Распределение золота и серебра в золе растений по биогеохимическому профилю над интрузивными образованиями долины руч. М. Алкаган**

# Инструментальная биогеохимическая съемка

- Растения анализируются рентгеноспектральным методом без озоления: дешевле, производительнее и оперативнее. Метод точнее, не разрушается вещество.
- Выбираются растения не высокозольные (мхи, осоки), а с развитой корневой системой (деревья, кустарники) – более информативные.
- Глубинность до первых км. Определяется величиной восходящей миграции элементов.