

Вторая научно-практическая конференция  
«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПОИСКОВОЙ ГЕОЛОГИИ»

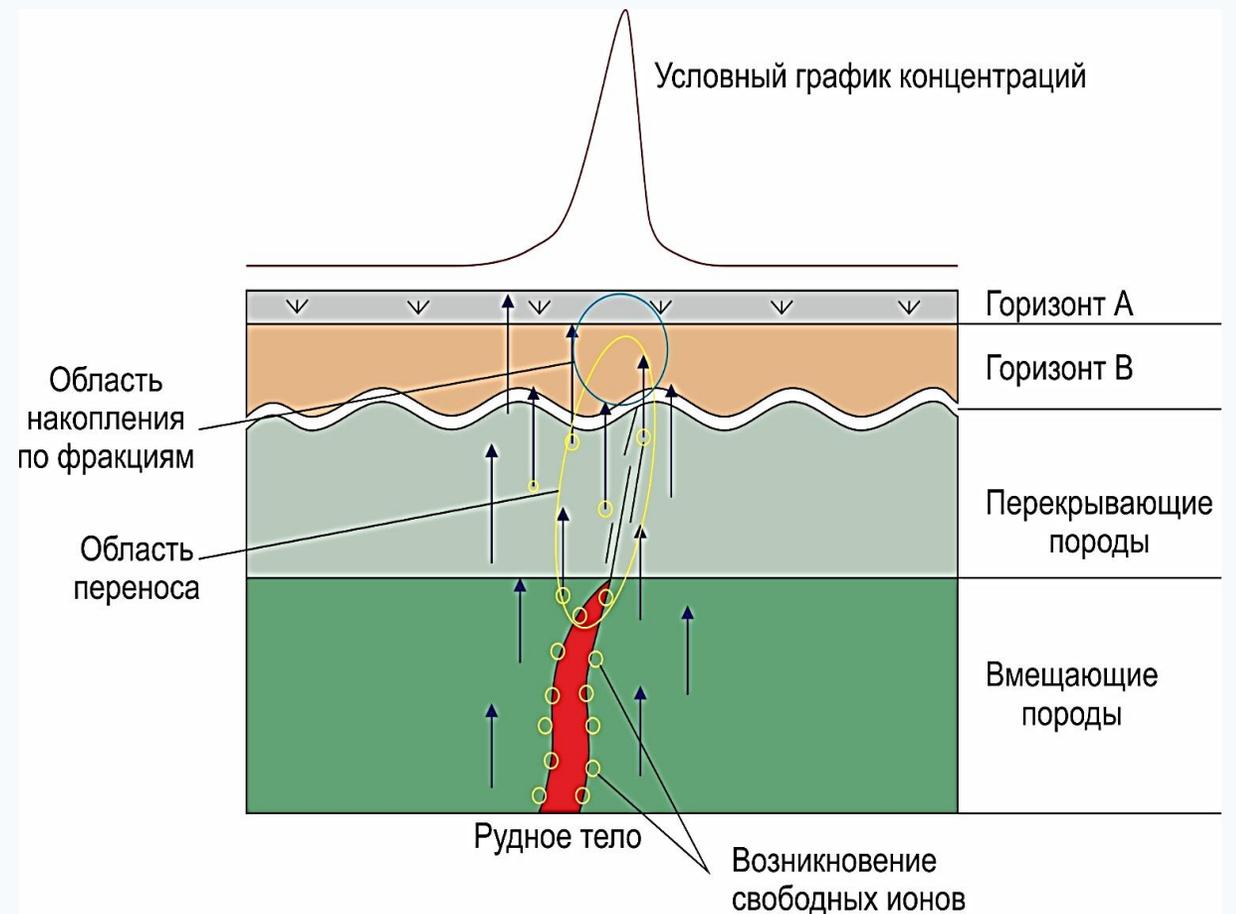
**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ КАРТИРОВАНИЯ  
СОРБЦИОННО-СОЛЕВЫХ ОРЕОЛОВ (КСО)  
ДЛЯ ПОИСКА СКРЫТЫХ РУДНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Несмеянова А.И., Чернов П.И.(ФГБУ «ВИМС»)

# ФОРМИРОВАНИЕ СОРБЦИОННО-СОЛЕВЫХ ОРЕОЛОВ

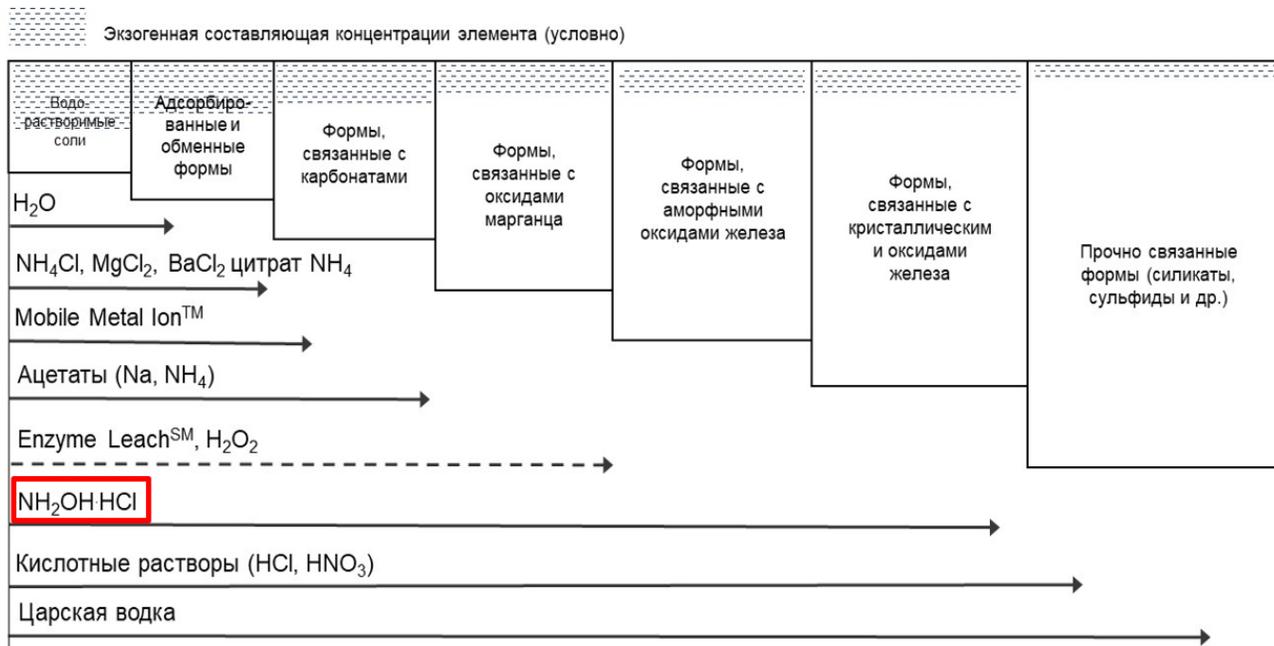
- Вторичные ореолы рассеяния образуются в результате гипергенного разрушения месторождения и его первичного ореола с последующей миграцией образовавшихся продуктов разрушения. В зависимости от формы миграции химических элементов выделяются механические, солевые и комплексные ореолы рассеяния.
- Образование сорбционно-солевых форм химических элементов обусловлено преимущественно химическим выветриванием
- Эволюция сорбционно-солевых форм элементов проявляется в их перемещении к поверхностным горизонтам рыхлых отложений и далее в приземную атмосферу. Точный механизм подобного массопереноса до сих пор остается дискуссионным:
  - газово-конвективная пузырьковая миграция (фильтрация газов в сухих средах и квазифильтрация в обводненных средах);
  - диффузия, фильтрация подземных вод, капиллярный подъем;
  - электромиграция, т.е. ионная миграция под действием естественных электрических полей, связанных с залежами полезных ископаемых и их окислением;
  - физико-химическая миграция элементов под действием изменения физико-химических параметров среды ( $P_h$  и  $E_h$ ) и биогенных процессов над рудными, а также нефтегазовыми объектами.

**Считается, что ведущую роль в формировании надрудных наложенных сорбционно-солевых ореолов локальных рудных объектов, погребенных под рыхлыми отложениями, играет восходящий конвективный или квазиконвективный массоперенос\***

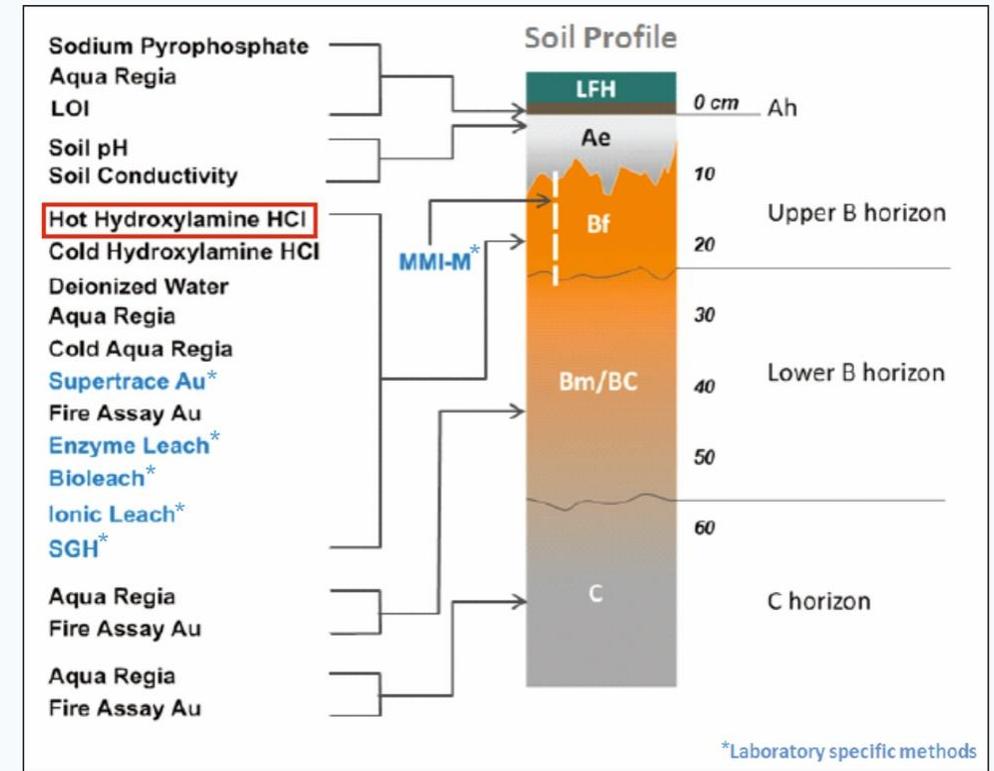


\*С.В. Соколов (ВСЕГЕИ) и др. Концептуальная модель образования наложенных сорбционно-солевых и нанохимических ореолов // Региональная геология и металлогения, № 61, 2015

- Обнаружение наложенных ореолов на дневной поверхности определяется выбором такой методики анализа литохимических проб, которая позволяла бы усиливать контрастность аномалий
- Выявление геохимических аномалий возможно путём избирательного частично-фазового извлечения в раствор легкоподвижных форм нахождения рудных элементов
- Для такого вида анализа в ФГБУ «ВИМС» разработан метод КСО, где в качестве экстрагирующего реагента использован солянокислый раствор гидроксиламина, позволяющий переводить в раствор все подвижные формы элементов и не затрагивать при этом минеральную матрицу материала проб



Метод КСО апробирован для районов Центрального Верхоянья, Западной Чукотки, Забайкалья и Зимнебережного района с различными ландшафтно-геохимическими обстановками



Отбор проб на КСО осуществляется из горизонта В – окрашенного иллювиального горизонта, формирующегося в нижней и средней частях почвенного профиля за счет вмывания в него относительно подвижных минеральных, органо-минеральных и органических веществ. Обогащен оксидами и гидроксидами Fe и Mn

# МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ КСО

## Общая последовательность проведения работ

- Для анализа отбираются пробы из нижнего почвенного горизонта В
- Пробы высушиваются до воздушно-сухого состояния и просеиваются через сито 1,0 мм
- Из фракции < 1,0 мм (навеска 3 г) готовится вытяжка путём смачивания пробы 0,25М раствором  $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$ .
- Вытяжка помещается на 2 часа в шейкер-инкубатор при  $t=60^\circ\text{C}$
- После центрифугирования раствор направляется на количественный ICP-MS анализ
- Через каждые 30 анализов для выявления и исключения погрешностей проводится калибровка прибора
- Лабораторно-аналитические работы выполняются как по общей технологии, так и по технологии, специально разработанной для поисков золоторудных месторождений
- Чувствительность метода КСО на золото составляет Ац до 0,000025 г/т (0,025 ppb)

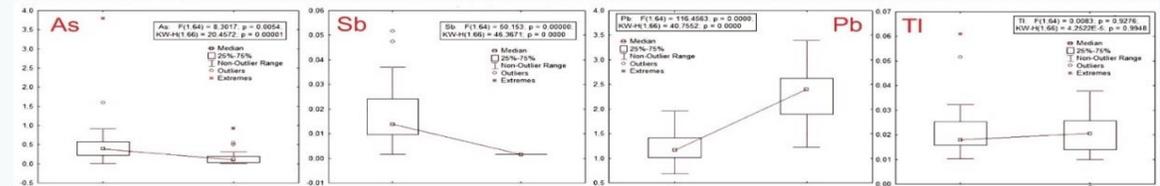
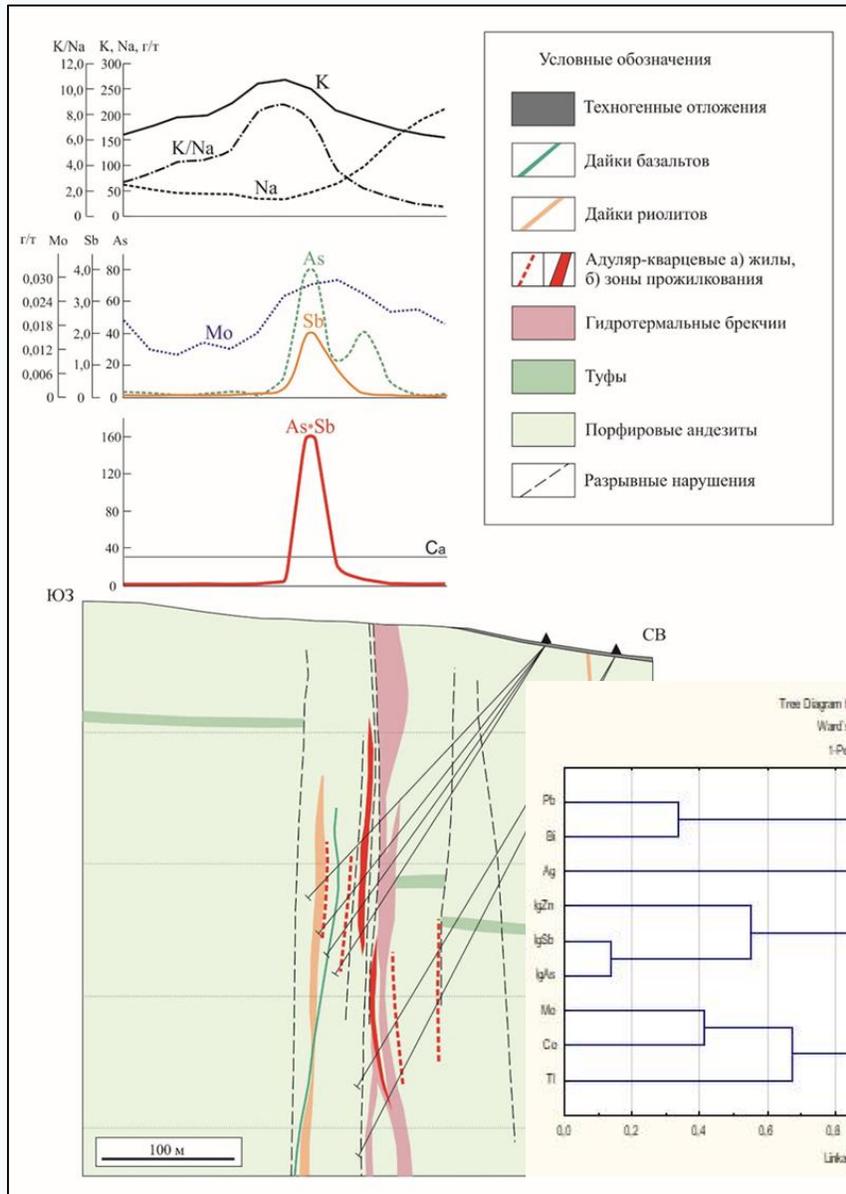


## Протокол испытания химического состава проб, выполненного в АСИЦ ВИМС

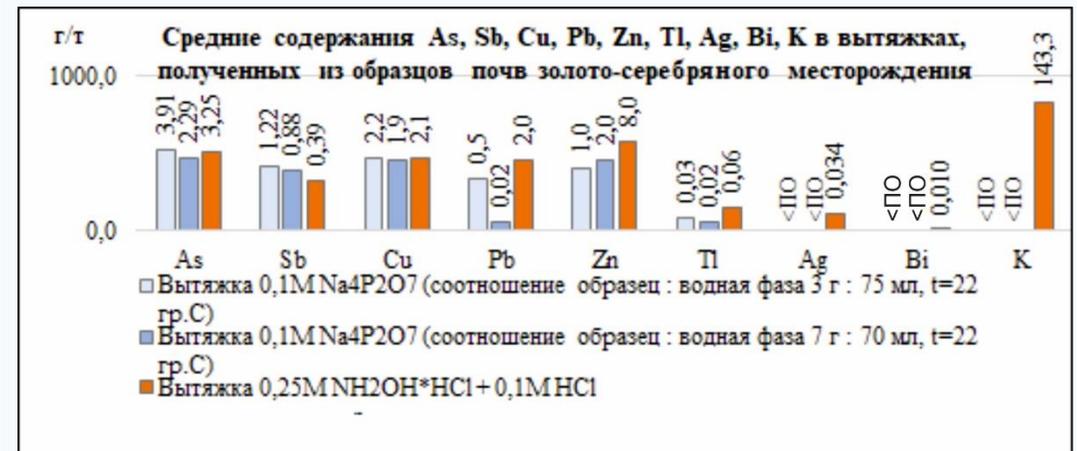
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья имени П.М. Филаровского» (ФГУП «ВИМС») <small>Федеральный научный центр лабораторных исследований и сертификации минерального сырья ФГП РФ</small>	
Аналитический сертификационный испытательный центр (АСИЦ) <small>Аналитический отдел</small>	
119017, Россия, Москва, Старомонетный пер. 31 Тел: (495) 950-30-10, 950-30-20 Факс: (495) 950-34-34 E-mail: lab@vims.gov.ru www.vims.gov.ru	
<b>ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА</b>	
<b>№ 440-ХГ-ПС2 (01-1-0017)/12пч03 (1-145)</b>	
9 января 2019 года	
Заказчик	<b>ФГБУ «ВИМС» Сектор методики поисков месторождений</b>
Адрес	119017, Москва, Старомонетный переулок, д.31
На 51 листе, Лист 1	
<b>На содержание</b>	<b>Примесного состава</b>
<b>Объект анализа</b>	➤ Почвы
<b>Образец</b>	➤ Порошковые пробы серого цвета в полиэтиленовых пакетах. Средняя масса брутто – 100 г.
<b>Маркировка</b>	➤ Пакеты с пробями маркированы согласно описи проб
<b>Пробовотвор</b>	➤ осуществлялся Заказчиком
<b>Методы и методики анализа</b>	➤ Количественный химический анализ (КХА) на содержание примесного состава: масс-спектральный с индуктивно-связанной плазмой по технологии методики ИСАМ № 499 АЭС/МС
<b>Аппаратура</b>	➤ масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой iCAP Qc ("Thermo Scientific", США), ➤ весы ВР-221S ("Сартоломс", Россия)
<b>Кол-во проб:</b>	➤ по описи: 145 проб, фактически: 145 проб.
<b>Примечания:</b>	
1. Результаты анализа приведены на абсолютно-сухую пробу.	
2. Погрешность определений соответствует нормам погрешности при определении химического состава по III категории точности (рядовой химический анализ) ОСТ 41-08-212-04.	
Результаты испытаний приведены в таблице на листах 2-51	
Зав. Аналитическим отделом <small>Копия архивного экземпляра.</small>	 Губанова Т.Ю.
	

# ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

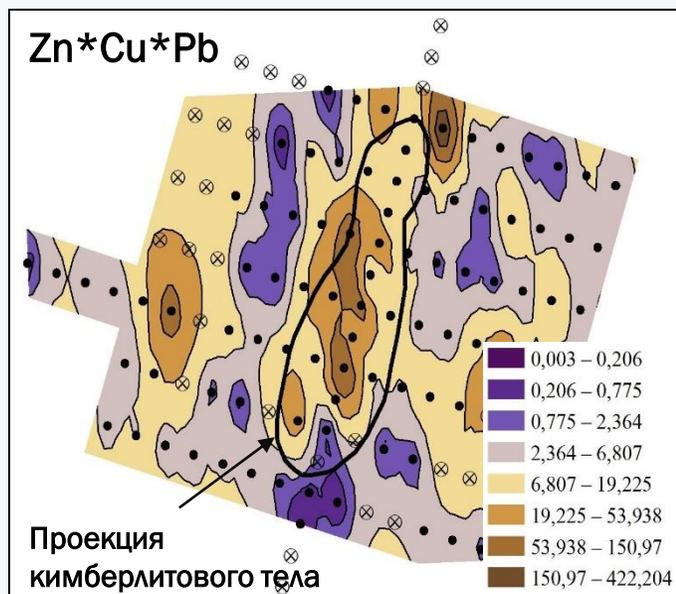
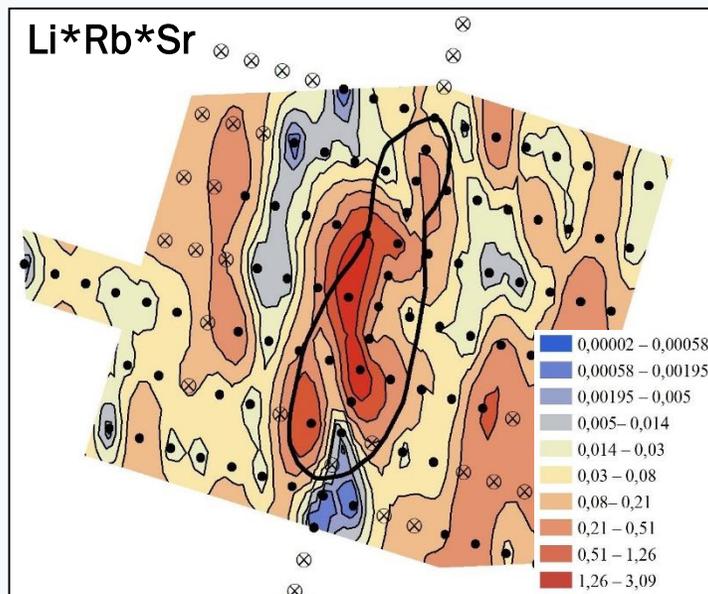
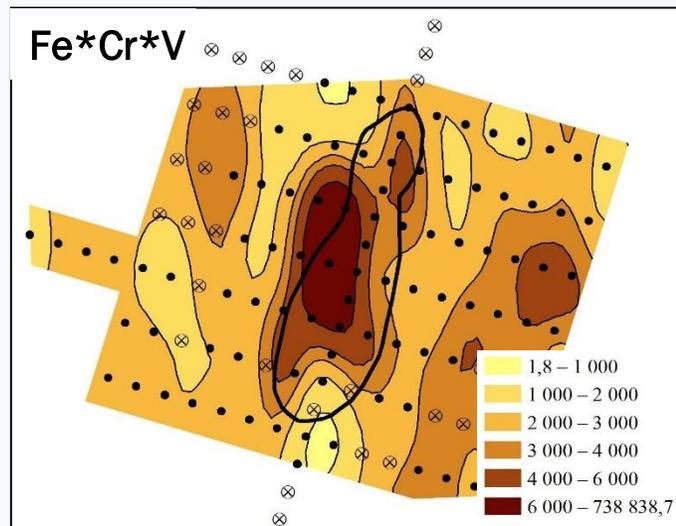
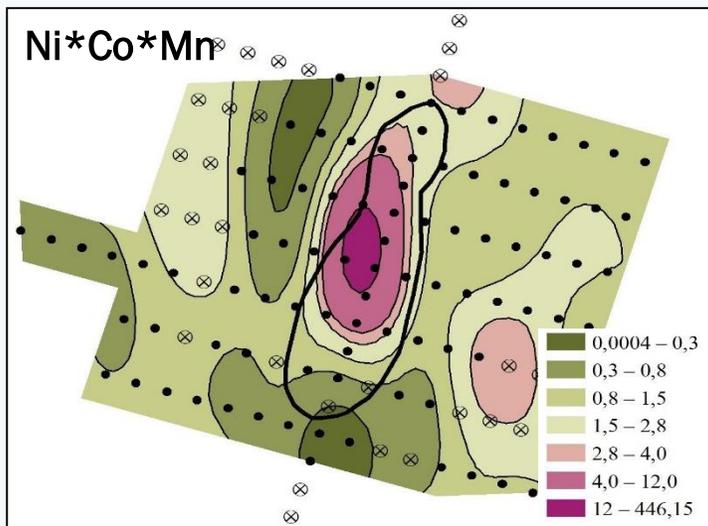
По результатам обработки данных КСО получены высококонтрастные аномалии As, Sb, Mo, K/Na над скрытым рудным телом и зоной минерализации с Au-Ag оруденением. Глубина залегания – 100 м



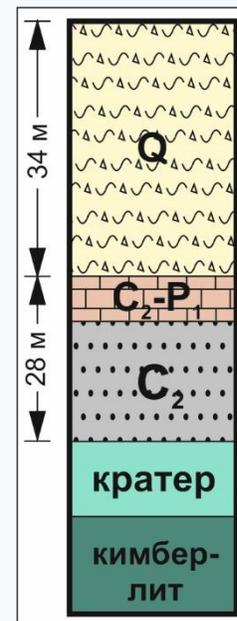
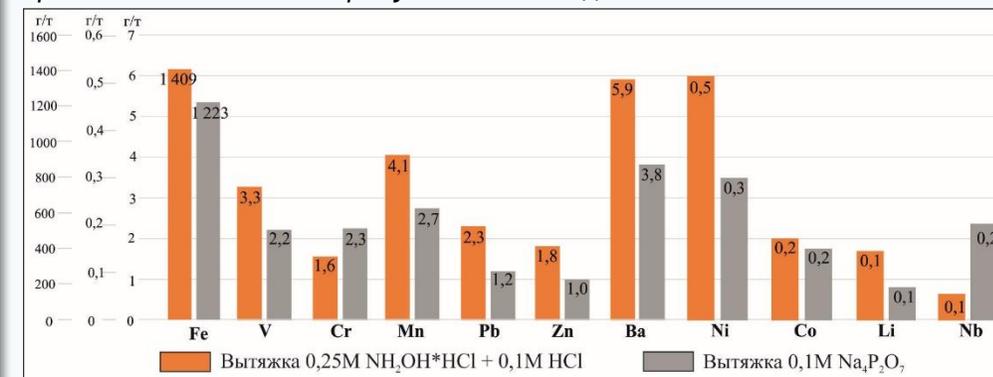
Оценка влияния ландшафтных обстановок при опробовании методом КСО



Сравнительный анализ результатов методов КСО и МГФ



Сравнительный анализ результатов методов КСО и МПФ

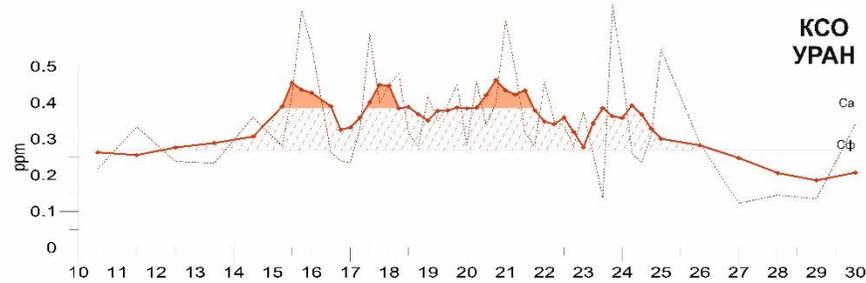
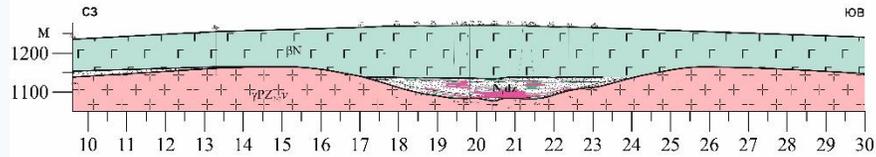


Обобщенный разрез района работ

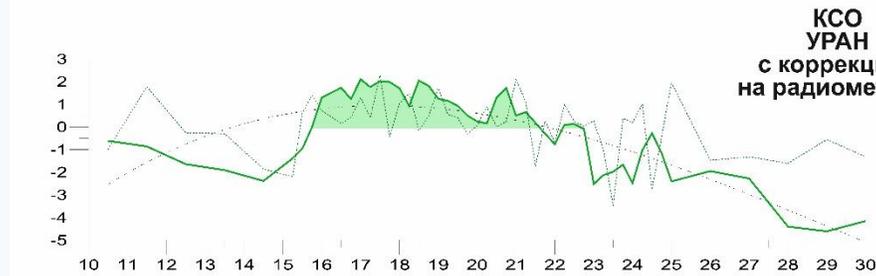
- Работы проводились на 6 известных кимберлитовых телах
- Мощность перекрывающих отложений от 30 до 65 м
- Наибольшую индикаторную роль играют элементы группы железа – Fe, Mn, Cr, V и транзитные Co и Ni, установленные над всеми 6 телами
- В половине случаев выявлены аномалии Zn, Cu, Pb, Bi и Li, Rb и Sr.
- Над одним телом выявлены специфические аномалии Nb и Hf, а также Sb.
- Характерна высокая контрастность выявленных аномалий и тяготение их эпицентров к жерловым фациям

# СКРЫТЫЙ УРАНОВЫЙ ОБЪЕКТ ПЕСЧАНИКОВОГО ТИПА

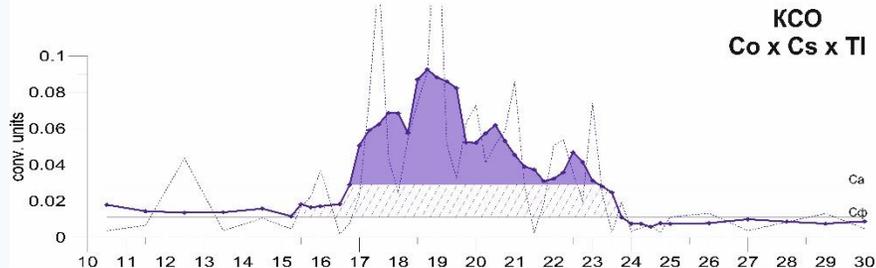
Линия 42 (I) через рудную палеодолину



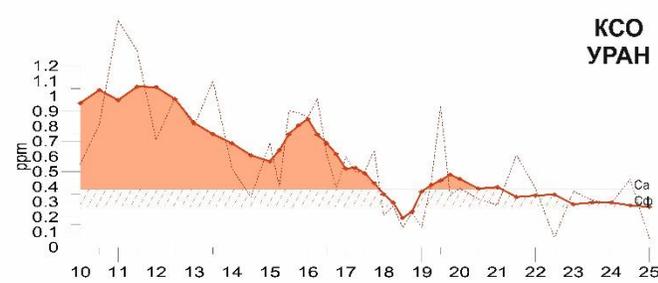
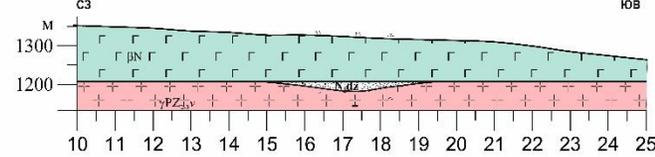
КСО  
УРАН  
с коррекцией  
на радиометрию



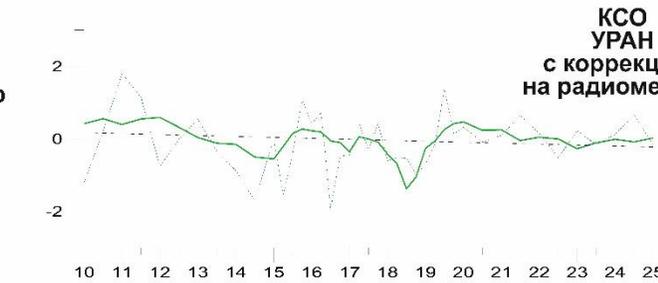
КСО  
Со x Cs x Tl



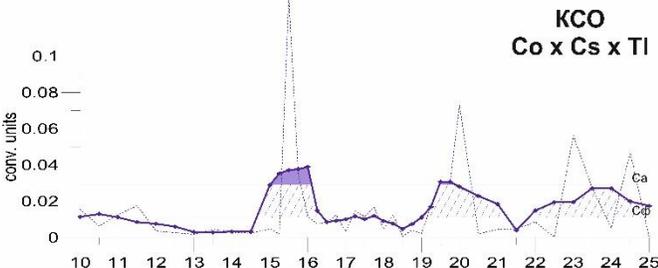
Линия 70 (II) через безрудную палеодолину



КСО  
УРАН  
с коррекцией  
на радиометрию

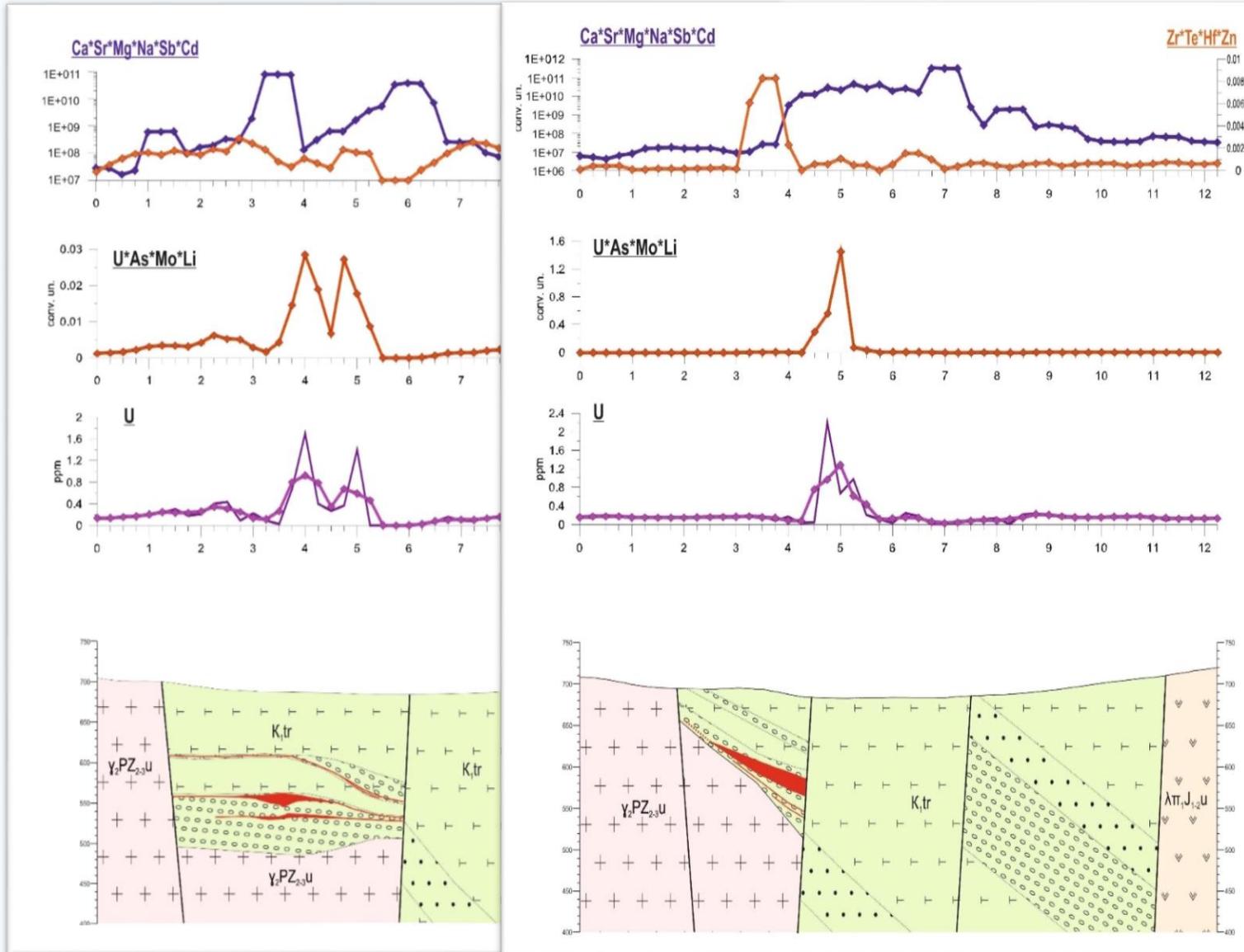


КСО  
Со x Cs x Tl



- Месторождение локализовано под платобазальтами в проницаемых обводнённых вулканогено-осадочных отложениях неогена в палеодолине северного простирания врезанной в кристаллический фундамент
- Мощность покрова платобазальтов составляет 150-200 м
- Положение орудененной части долины фиксируется с поверхности слабоконтрастной аномалией урана, эпицентр которой на 75-100 м смещен от центра палеодолины
- Для снятия влияния поверхностного источника поступления урана в ВОР необходимо вводить поправку на интенсивность поверхностного гамма-излучения
- Рудная палеодолина, помимо собственно урана, отчетливо картируется аномалиями Со, Cs и Tl.
- В безрудной части долины аномалии Со, Cs и Tl образуют рисунок т.н. «rabbit ear», связанный вероятно с проницаемыми зонами разрывных нарушений, по которым в неогене закладывалась рудовмещающая палеодолина

# ВЫЯВЛЕНИЕ СТРАТИФОРМНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕТОДОМ КСО

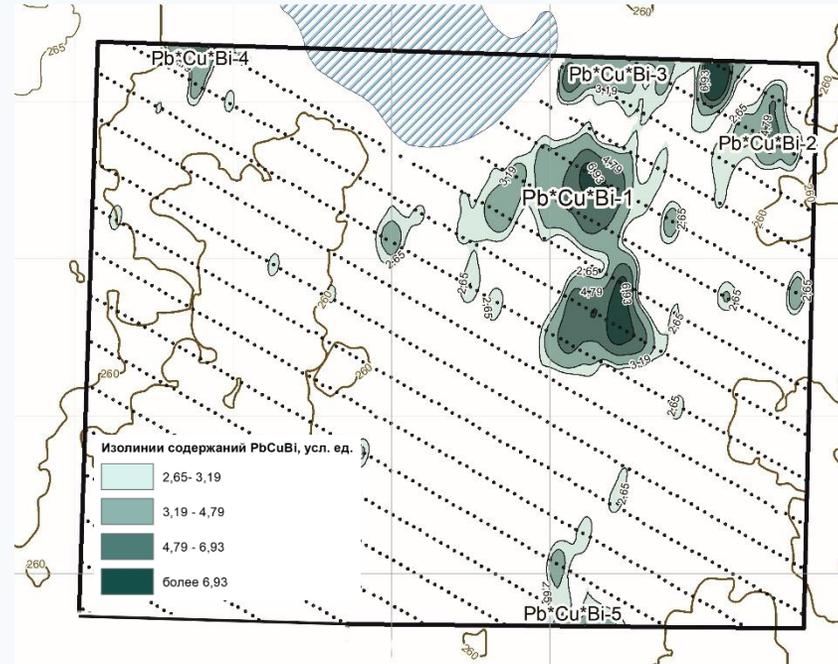
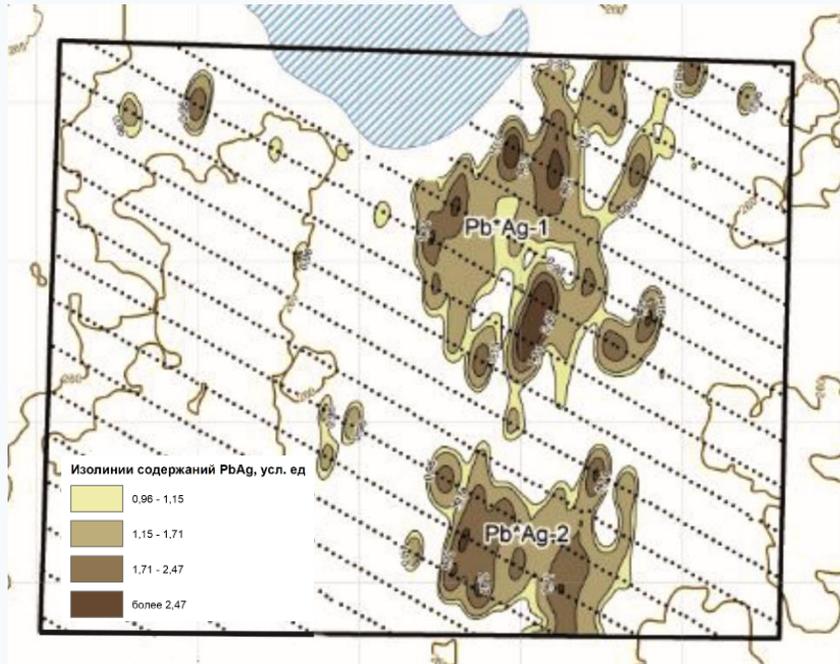


- Скрытые под покровом андезибазальтов на глубинах 70-150 м ураноносные рудные тела пластообразной морфологии, локализованные в вулканогенно-осадочном чехле надежно выявляются геохимическим опробованием по методике КСО
- На всех шести пройденных профилях над проекциями рудных тел выявлены контрастные положительные аномалии U и его ближайших элементов-спутников — Mo, As и Li.
- Отмечается некоторое смещение аномалий и тяготение пиковых содержаний к разрывным нарушениям, что может быть объяснено максимальной проницаемостью данных зон для миграции химических элементов от рудного тела к дневной поверхности.
- Рудная ассоциация часто сопровождается повышенными концентрациями Ca, Sr, Mg, Na, Sb, Cd, Zr, Hf, Te, Zn и пониженными Mn, Ti, Cs, фиксирующими как положение собственно уранового оруденения, так и область его первичного ореола.

Условные обозначения

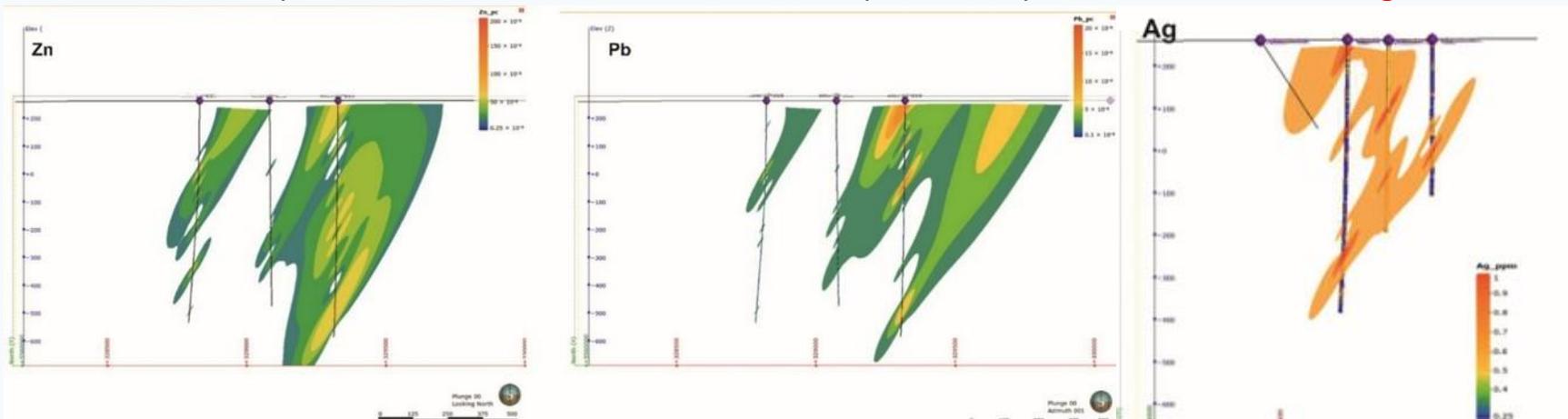
	Дайки андезибазальтов, базальтов		Надаровская свита. Сланцы, метапесчаники
	Тургинская серия а) андезибазальты и базальты, б) конгломераты, в) песчаники		Тектонические нарушения
	Уральский комплекс. Первая фаза. Кварцевые порфиры.		Контуры ураноносных рудных залежей штокерво-жильной морфологии
	Уральский комплекс. Первая фаза. Граниты, гранодиориты		Контуры ураноносных рудных залежей пластовой морфологии с а) кондиционным оруденением, б) забалансовым оруденением

# СКРЫТЫЙ CU-ZN КОЛЧЕДАННЫЙ ОБЪЕКТ

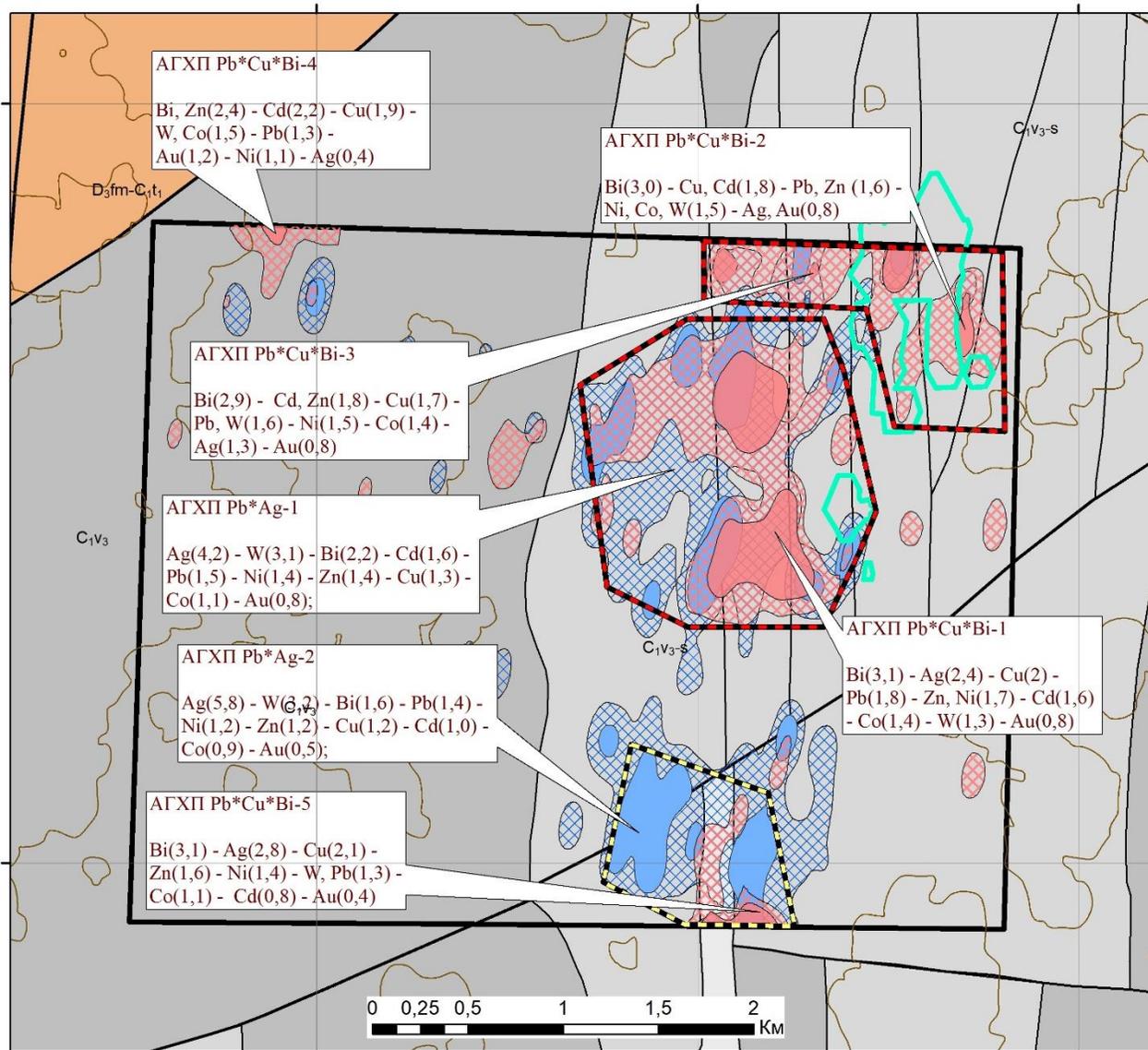


- Ключевым типом оруденения на исследованной территории является скрытое Cu-Zn колчеданное оруденение
- Буровыми скважинами в вулканитах встречены участки кварцевожильной и сульфидной минерализации. Сульфиды представлены пиритом, халькопиритом, сфалеритом и, редко, галенитом (до глубины 300-400 м).
- Вертикальная зональность проявлена довольно отчетливо. В верхней части разреза в первичном ореоле накапливается Pb, в нижней части разреза – Cu. Zn занимает промежуточное положение.

Обобщенный ряд зональности медноколчеданных месторождений Урала: Co - Mo - **Cu - Zn - Ag - Pb** - Ba



# СКРЫТЫЙ CU-ZN КОЛЧЕДАННЫЙ ОБЪЕКТ



## Условные обозначения

- C<sub>1</sub>V<sub>3</sub>-S Верхневизейский подъярус - серпуховский ярус. Андезитовые и базальтовые порфириды и их туфы, лавобрекчии среднего и основного состава
- C<sub>1</sub>V<sub>3</sub> Визейский ярус. Верхний подъярус. Углисто-глинисто-кремнистые, кремнисто-глинистые сланцы; алевролиты, песчаники, известяки, андезитовые и базальтовые порфириды и их туфы
- D<sub>3</sub>fm-C<sub>1</sub>t<sub>1</sub> Верхний девон - нижний карбон. Фаменский ярус - нижнетурнейский подъярус. Песчаники, алевролиты, песчано-углисто-кремнистые сланцы

## Мультипликативные аномальные геохимические поля

### Элементный состав АГХП — Уровень контрастности в геофонах

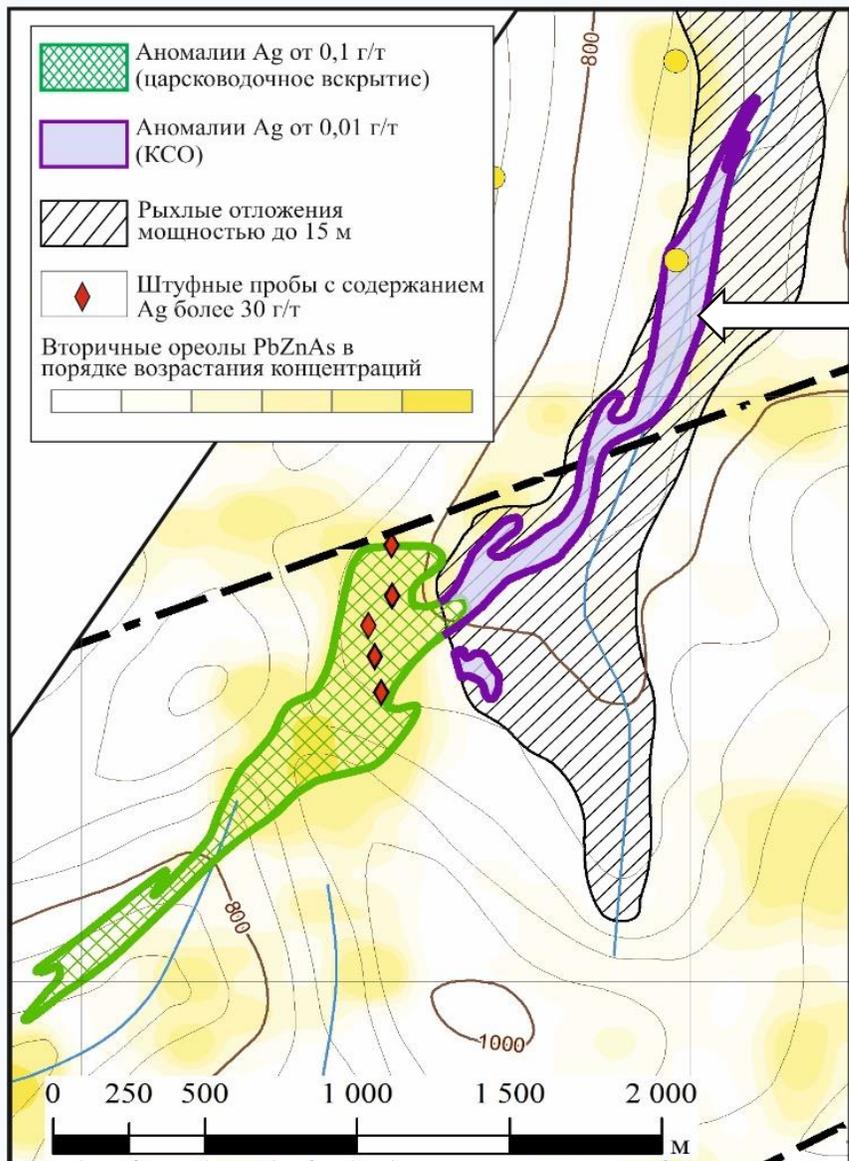
- PbCuBi — 1-3 геофонов
- PbCuBi — > 3 геофонов
- PbAg — 1-3 геофонов
- PbAg — > 3 геофонов

## Перспективные участки

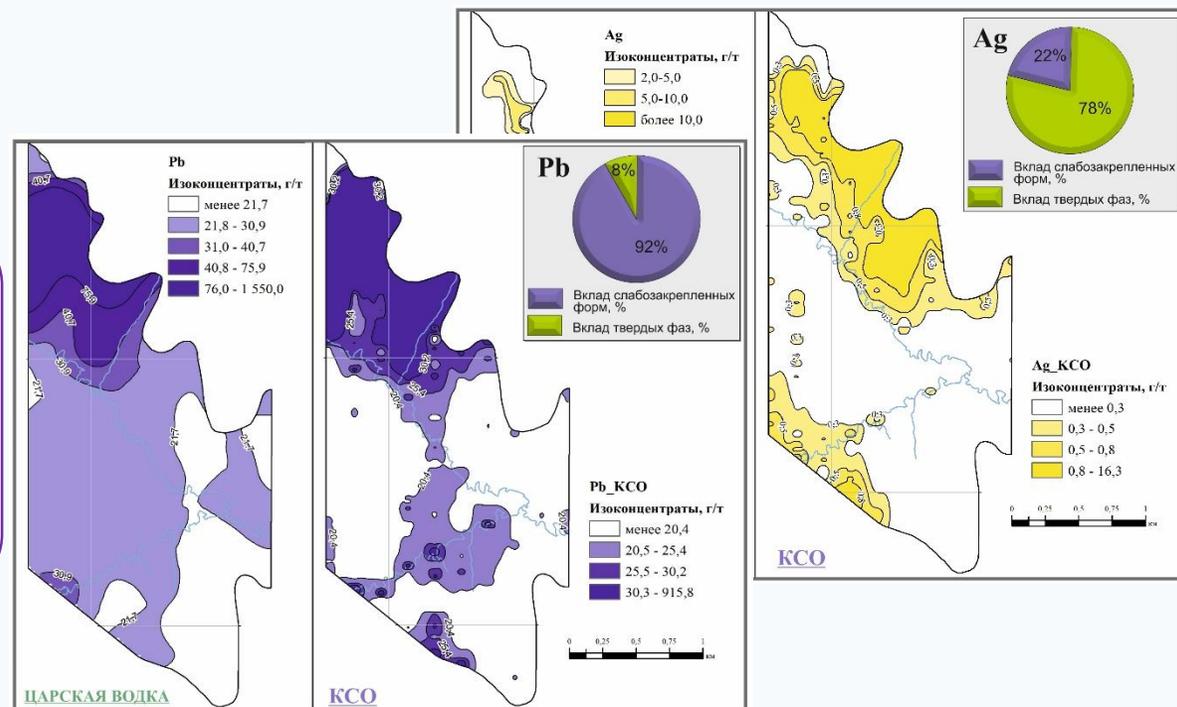
- первой очереди
- второй очереди
- Проекция вскрытых бурением Cu-Zn рудных зон

В пределах участка выявлены вторичные аномальные геохимические поля. По значениям мультипликативного показателя **Pb\*Cu\*Bi** на участке околонуено 5 АГХП. По значениям мультипликативного показателя **Pb\*Ag** - 2 АГХП. Наиболее перспективными из них являются АГХП **Pb\*Cu\*Bi-1**, **Pb\*Cu\*Bi-2**, **Pb\*Cu\*Bi-3** и **Pb\*Ag-1** (отнесены к первоочередным участкам для постановки заверочных работ)

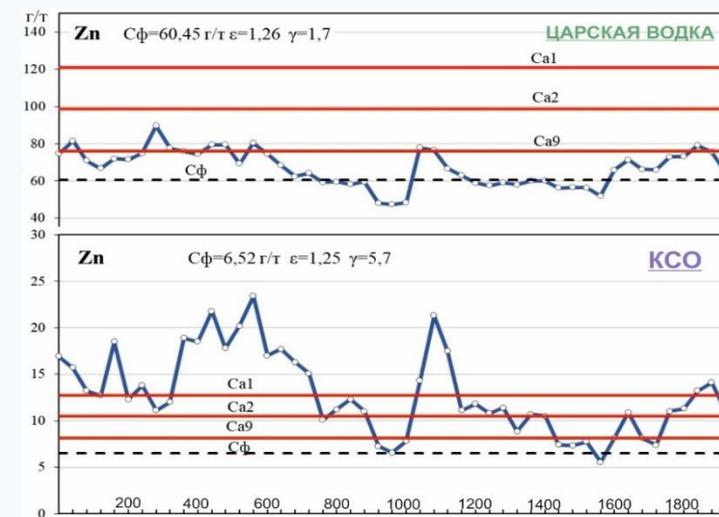
# ПЛОЩАДНЫЕ АНОМАЛИИ КСО В СРАВНЕНИИ ТРАДИЦИОННЫМ МЕТОДОМ, АГ-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ



Под чехлом рыхлых отложений прослежена аномалия серебра, не выявленная в результате традиционного опробования вторичных ореолов рассеяния



- Преимуществом методики КСО является большая контрастность аномалий серебра и сопутствующих цветных металлов, превышающая таковую для традиционного метода до 3-х раз, а также часто большая эффективная ширина аномалий
- Значительная доля подвижных форм нахождения элементов в почвах определяет принципиальную применимость химического фракционирования по методу КСО для выявления сорбционно-солевых геохимических аномалий, связанных с потенциально рудоносными зонами



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

---

- Картирование сорбционно-солевых ореолов является одним из немногих прямых методов, работающих при поисках скрытых, слабо проявленных и погребенных под чехлом аллохтонных отложений объектов
- При небольшой степени перекрытия, применение методов частично-фазовой экстракции, к которым относится КСО, в профильном варианте позволяет повысить контрастность аномалий полученных по традиционной схеме опробования вторичных ореолов рассеяния
- Перечень видов полезных ископаемых, для которых возможно применение данной технологии за счет проведения опытно-методических работ постоянно расширяется, и на данный момент включает золото, серебро, полиметаллы, уран и кимберлиты
- Чувствительность анализа даёт возможность получать значимые содержания для более чем 50 определяемых химических элементов, а также индивидуально выбирать блоки интересующих элементов, снижая при этом чувствительность анализа
- Стандартизация и относительная простота методик пробоотбора, пробоподготовки и анализа обеспечивает максимальную компенсацию возможных ошибок
- ФГБУ «ВИМС» выполняет весь комплекс работ, предусмотренных методикой КСО