



ФГБУ «ВИМС»



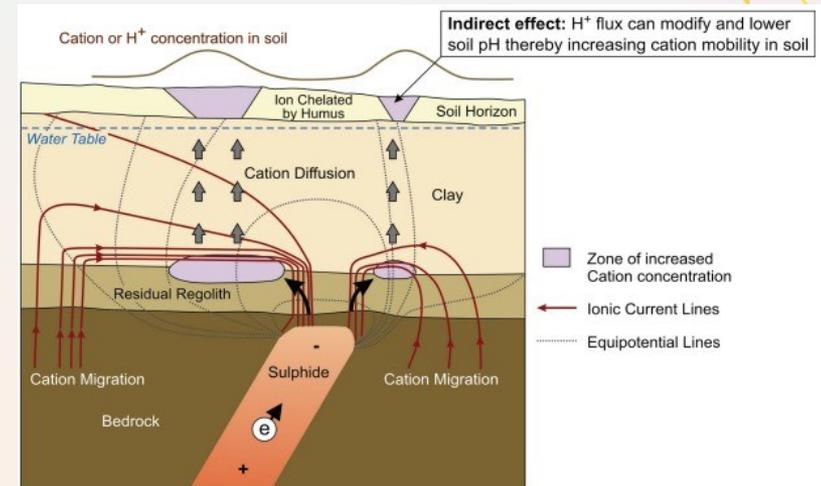
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ПОИСКОВОЙ ГЕОЛОГИИ

Применение методики картирования сорбционно-солевых ореолов (КСО) на скрытых месторождениях различных геолого-промышленных типов

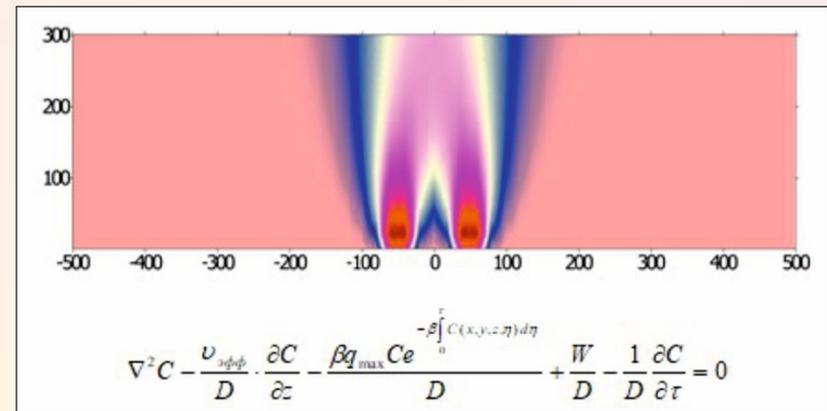


Формирование сорбционно-солевых ореолов

- 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 (Ph и Eh) и биогенных процессов над рудными, а также нефтегазовыми объектами.



Модель электрохимического механизма миграции по Aspandiar

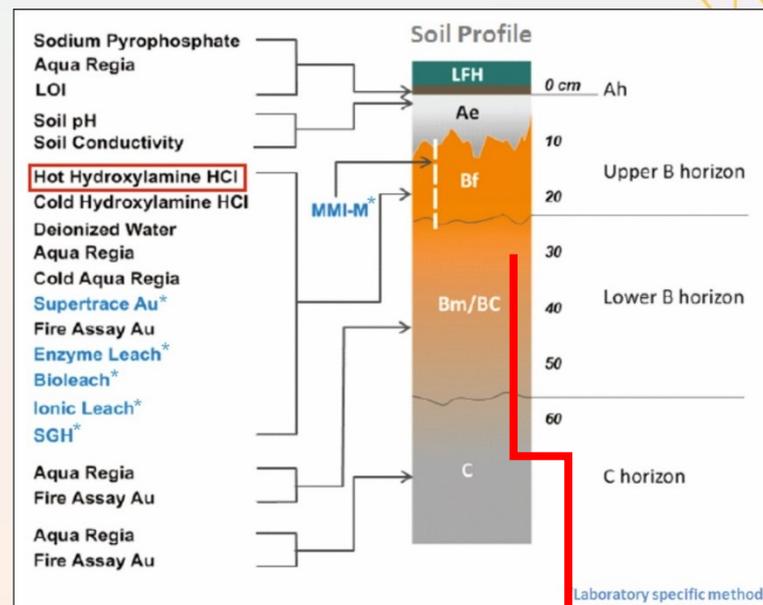
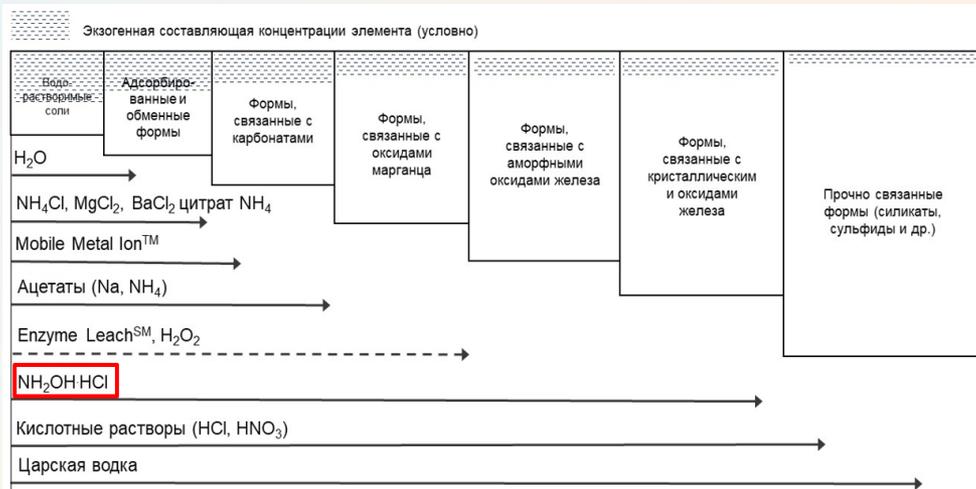


Модель стационарного струйного ореола восходящей миграции над вертикальным рудным пластом по Алексею В.Г. и др. и интегро-дифференциальное уравнение пузырьковой квазиконвекции



Методика проведения работ КСО

- Необходимость обнаружения сорбционно-солевых ореолов на дневной поверхности определяет выбор 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



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

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



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 0,25M 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 10-15 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 Au до 0,000025 г/т (0,025 ppb)



Масс-спектральный с индуктивно связанной плазмой спектрометр Elan-6100 (Perkin-Elmer, США)



Шейкер-инкубатор ES-20/60 (BioSan, Великобритания)

Протокол испытания химического состава проб, выполненного в АСИЦ ВИМС

Итого в содержимом		Примесное состава	№ Ст. листа, лист 1
Объект анализа	>	Нечувствительные	
Образцы	>	Порошковые пробы серого цвета в полиэтиленовых пакетах. Средняя масса брутто – 100 г.	
Маркировка	>	Пакеты с пробой маркированы согласно описи проб	
Проблема	>	осуществляется Заказчиком	
Методы и методики анализа	>	Количественный химический анализ (КХА) на содержание примесного состава	
Аппаратура	>	масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой по технологии метода ИСАМ № 499 АЭС/МС	
Кол-во проб:	>	по описи: 145 проб, фактически: 145 проб.	

Примечания:
1. Результаты анализа приводятся на абсолютно-сухой пробу.
2. Погрешность, определенная соответствующим нормам погрешности при определении химического состава по III категории точности (средней химической анализ) ГОСТ 41-48-21-204.

Результаты испытаний приведены в таблице на листах 2-51

Зав. Аналитическим отделом
Губанова Т.Ю.

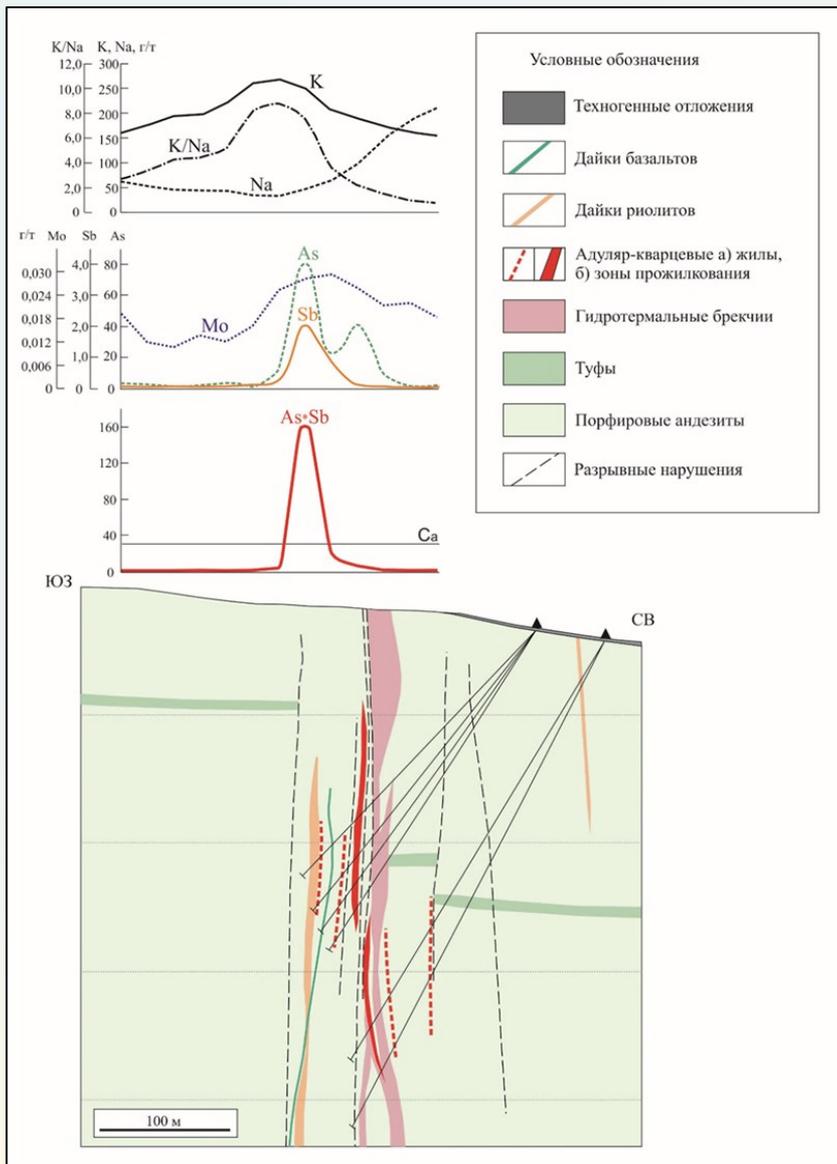
Ограничения для использования метода КСО

- Метод ограниченно применим в высокогорных ландшафтах со слабым развитием почвенных покровов и преобладанием петроземов
- Метод ограниченно применим в техногенно-загрязненных и нарушенных ландшафтах

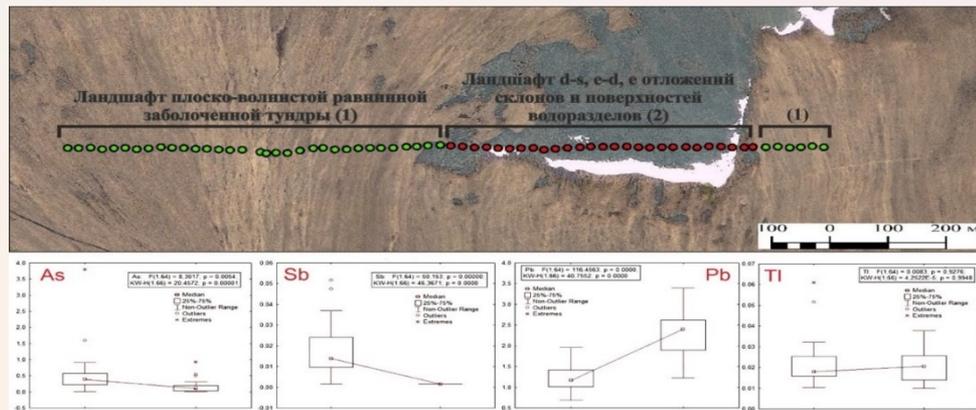
Метод КСО апробирован для районов Центрального Верхоянья, Западной Чукотки, Забайкалья и Зимнебережного района с различными ландшафтно-геохимическими обстановками



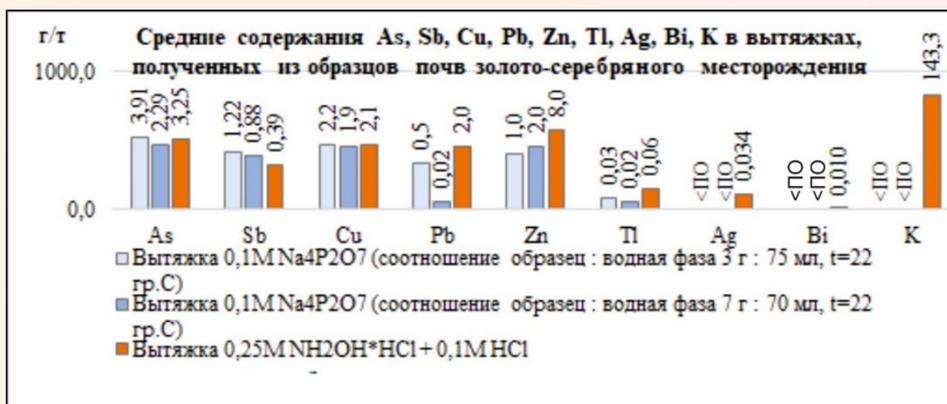
Золото-серебряное месторождение



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



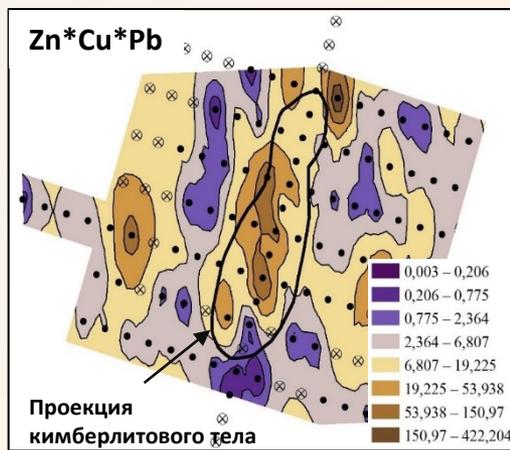
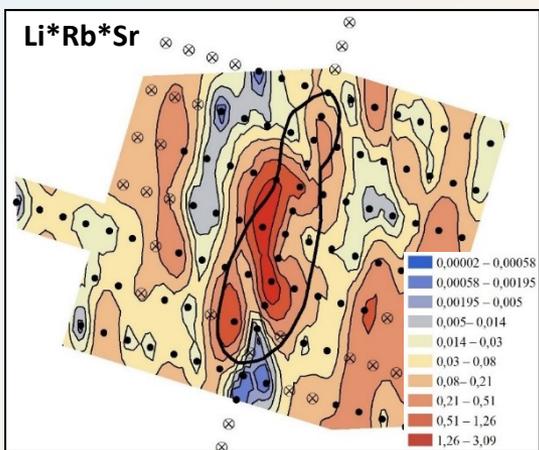
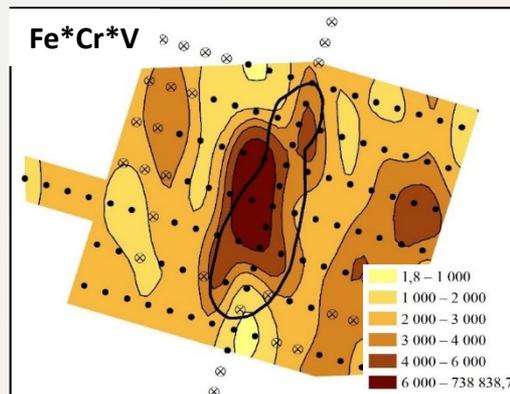
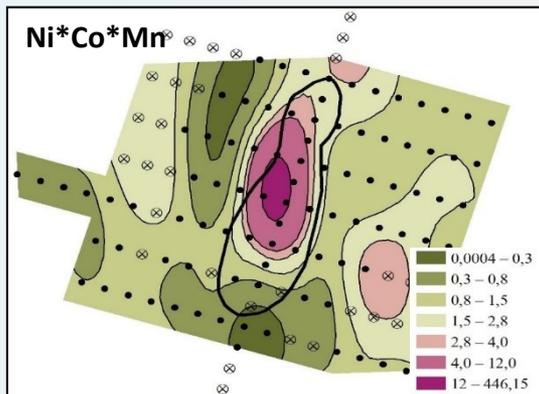
Оценка влияния ландшафтных обстановок при отпробовании методом КСО



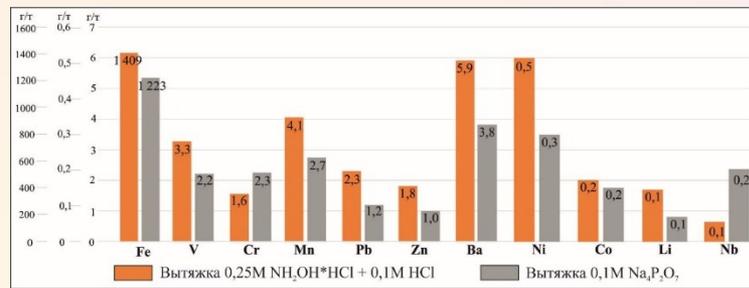
Сравнительный анализ результатов метода КСО и Na пирофосфатной вытяжки



КИМБЕРЛИТЫ



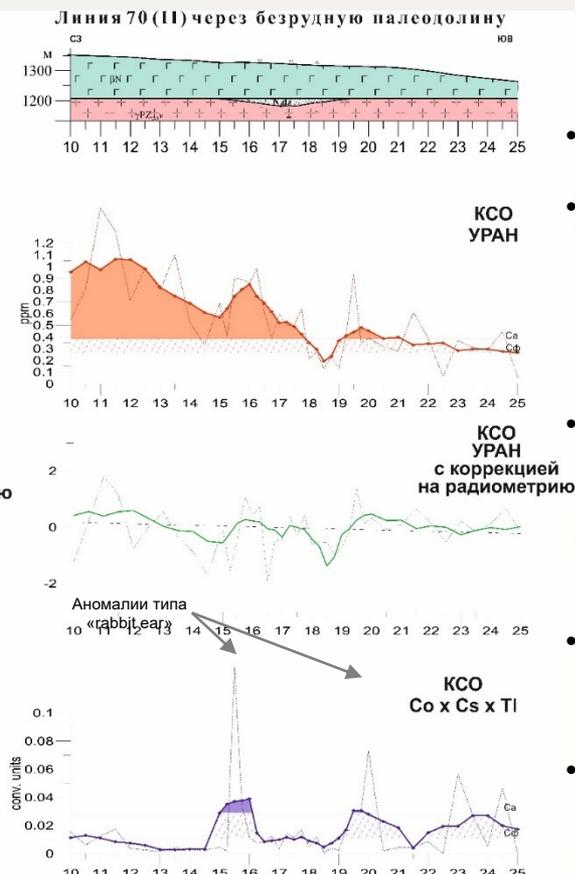
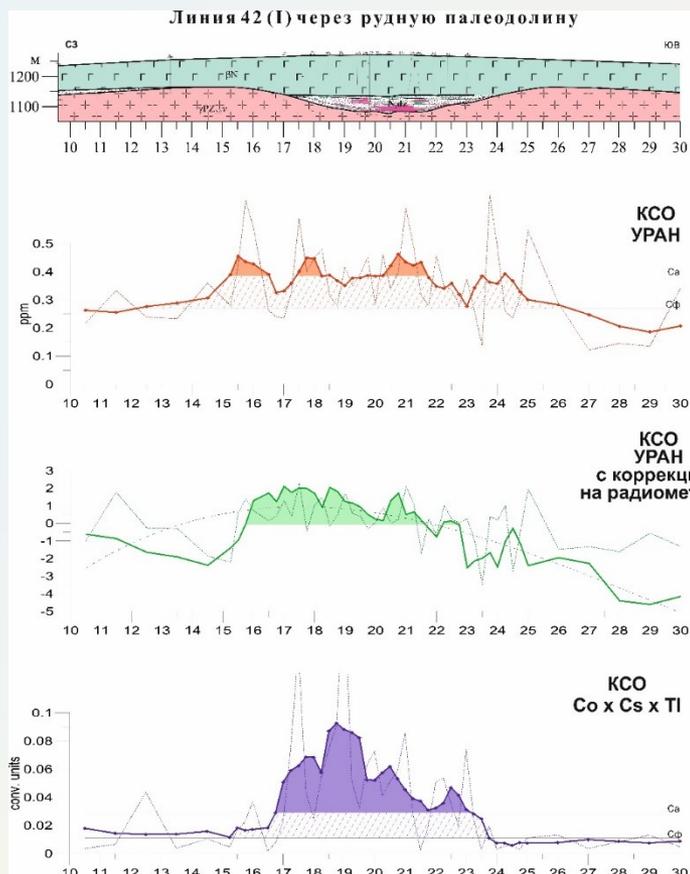
- Работы проводились на 6 известных кимберлитовых телах
- Мощность перекрывающих отложений от 30 до 65 м
- Наибольшую индикаторную роль играют элементы группы железа – Fe, Mn, Cr, V и транзитные Co и Ni, установленные над всеми 6 телами
- В половине случаев выявлены аномалии Zn, Cu, Pb, Bi и Li, Rb и 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



Сравнительный анализ результатов методов КСО и Na пирофосфатной вытяжки



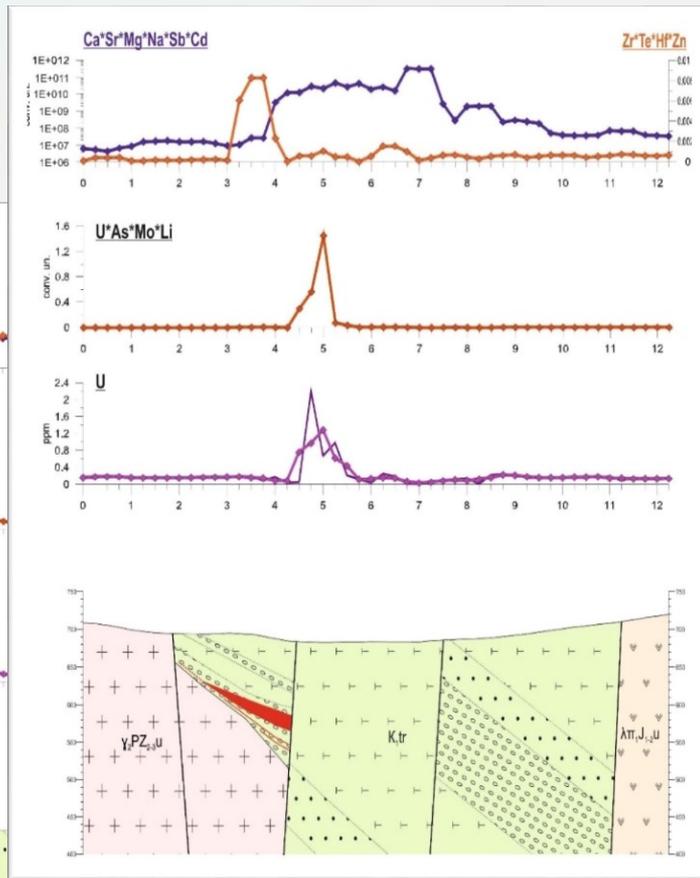
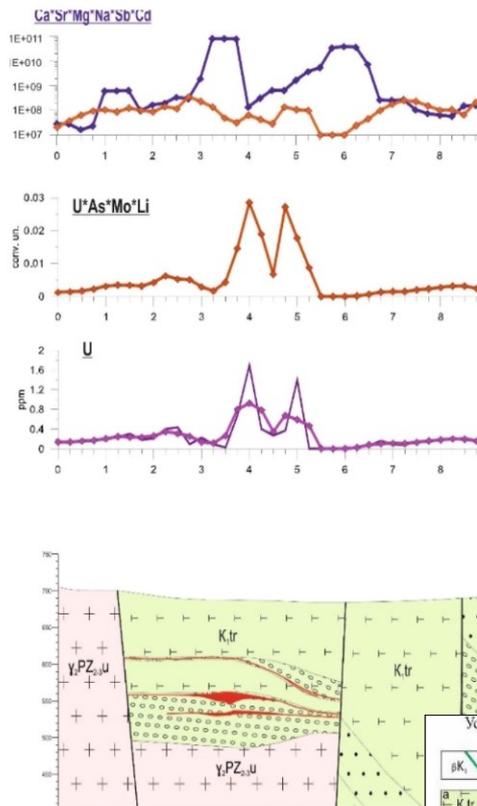
Скрытый урановый объект песчаникового типа



- Месторождение локализовано под платобазальтами в проницаемых обводнённых вулканогено-осадочных отложениях неогена в палеодолине, врезанной в кристаллический фундамент
- Мощность покрова платобазальтов - 100-150 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 Co, Cs и Tl.
- В безрудной части долины аномалии Co, 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



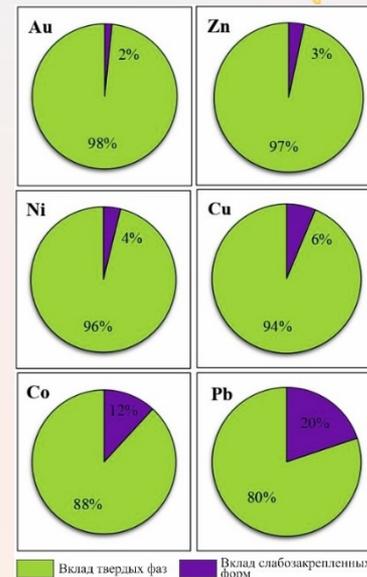
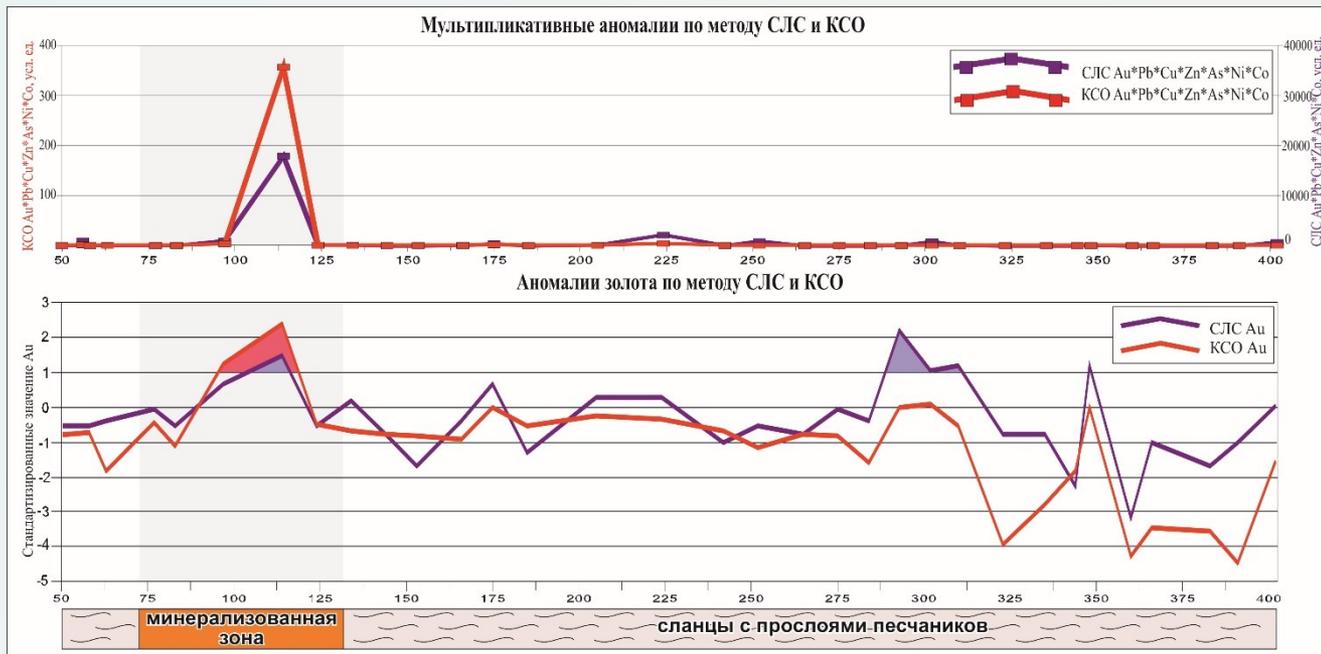
Условные обозначения

δK ₃	Дайки андезитов, базальтов	PR-Vnd	Надаровская свита. Сланцы, метасланцы
a) K.tr, б) конгломераты, в) песчанники	Тургинская серия а) андезиты и базальты, б) конгломераты, в) песчанники	/	Тектонические нарушения
λπT ₃ J ₂ U	Уральский комплекс. Первая фаза. Кварцевые порфиры.	[Red line]	Контуры ураносных рудных залежей птоверхово-жильной морфологии
γPZ ₃ U	Уральский комплекс. Первая фаза. Граниты, гранодиориты	[Red line]	Контуры ураносных рудных залежей пластовой морфологии с а) кондиционным оруденением, б) забалансовым оруденением

- Скрытые под покровом андезитобазальтов на глубинах 70-150 м ураносные 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.



Аномалии КСО в сравнении с традиционным методом, золоторудный объект



Баланс форм нахождения химических элементов в пробах рыхлых отложений гор. В

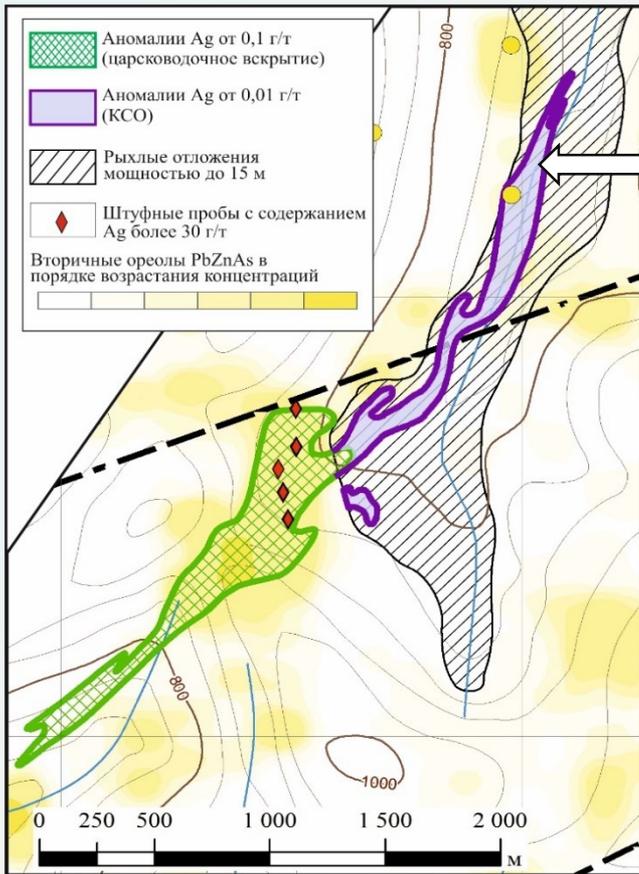
Рудно-формационные ряды, полученные при опробовании традиционным способом и при КСО, с поправкой на неунифицированный список определяемых компонентов для различных методов, сходны между собой и пригодны для прогнозирования ГПТ золотого оруденения

Метод анализа	Рудно-формационный ряд (в скобках — коэффициент парной корреляции Пирсона)
Царская водка гор. В	AU: Pb(0,61) — Cu(0,47) — Zn(0,44) — S(0,43) — As(0,42) — Ni(0,33) — Sc(0,29) — Co(0,29) — Sr(0,27) — P(0,25) — Fe(0,25) — Ca(0,24) — Mn(0,24)
КСО	AU: Sb(0,76) — Bi(0,68) — As(0,67) — Hg(0,65) — Mn(0,61) — Cd(0,58) — Be(0,57) — Ni(0,55) — Mo(0,54) — K(0,44) — Cu(0,39) — Zn(0,38) — Pb(0,32) — Cd(0,31) — Ba(0,24)

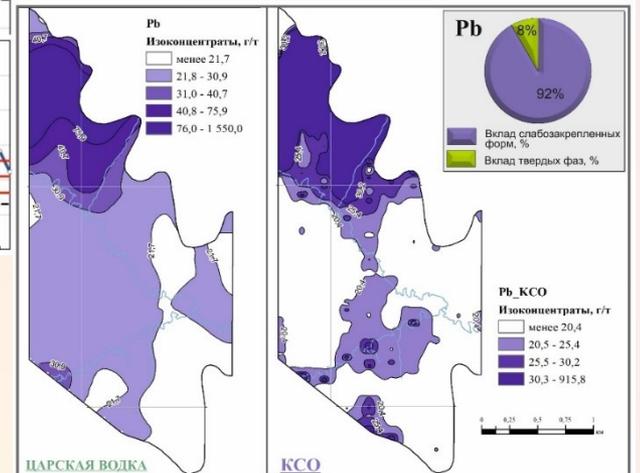
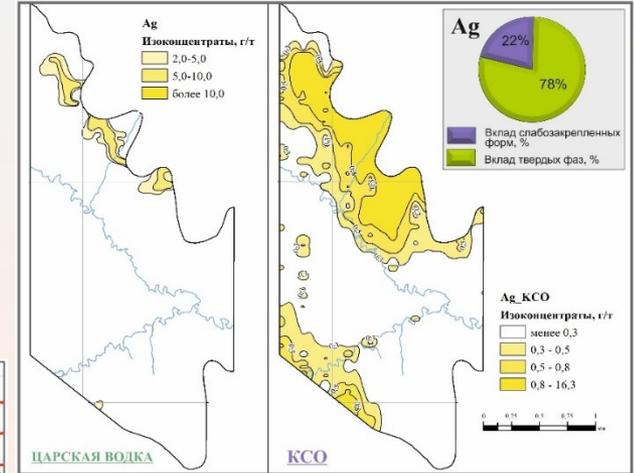
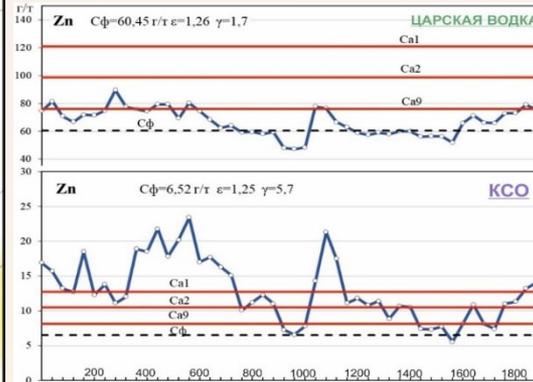
- Установлены аномалии Au, Cu, Pb, Zn, Co, Ni, As, в том числе аномалии, не выявленные при традиционном анализе геохимических проб
- Геохимический спектр элементов-спутников золота идентичен вне зависимости от используемого метода анализа
- Контрастность аномалий Au при КСО выше, а аномалий элементов-спутников значительно выше контрастности при стандартном методе опробования



Площадные аномалии КСО в сравнении традиционным методом, серебро-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 серии методов, работающих при поисках скрытых, слабо проявленных и погребенных под чехлом аллохтонных отложений объектов
- Применение методов частично-фазовой экстракции, к которым относится КСО, часто позволяет повысить контрастность аномалий полученных при стандартном литохимическом опробовании вторичных ореолов рассеяния
- Перечень видов полезных ископаемых, для которых возможно применение данной методики 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

Спасибо за внимание!