

# МЕТОДИКА ПОИСКОВ СКРЫТЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА ЖИЛЬНО-ШТОКВЕРКОВОГО ТИПА

Н.А. Гребенкин, Масло М.Ю., Несмеянова А.И., Овсянникова Т.М.,  
Паршин А.В., Ржевская А.К., Сорокин А.Г., Тубольцев И.С.

Москва, 2024

## *АКТУАЛЬНОСТЬ:*

1. За последние 40 лет на территории России не выявлено ни одного промышленно значимого месторождения урана жильно-штокверкового типа.
2. Новые поисковые открытия необходимо связывать исключительно со скрытыми и перекрытыми объектами.
3. Выявление скрытых эндогенных месторождений возможно исключительно путем комплексирования соответствующих методов и методик.

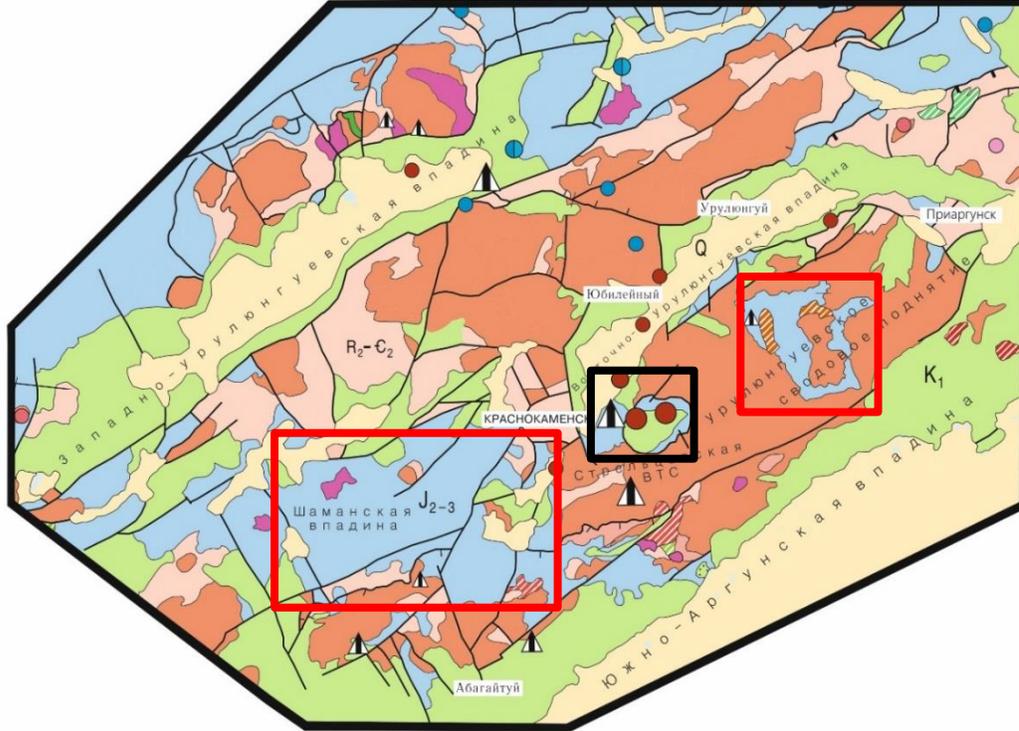
## *МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИЧЕСКИХ РЕКОМЕНДАЦИЙ:*

1. Разработки отечественных специалистов по геологии и способам прогноза и поисков жильно-штокверковых урановых месторождений.
2. Современные результаты зарубежных геологов, преимущественно занимающихся поисками урана во впадине Атабаска.
3. Результаты отечественных ГРР и ОМР, которые выполнялись и выполняются ВИМСом на объектах Столбовое, Южно-Широндукуйское, Юго-Западное, Ботоготуйское совместно с коллективами других организаций (ИРНТУ-SSG, МГУ и др.).

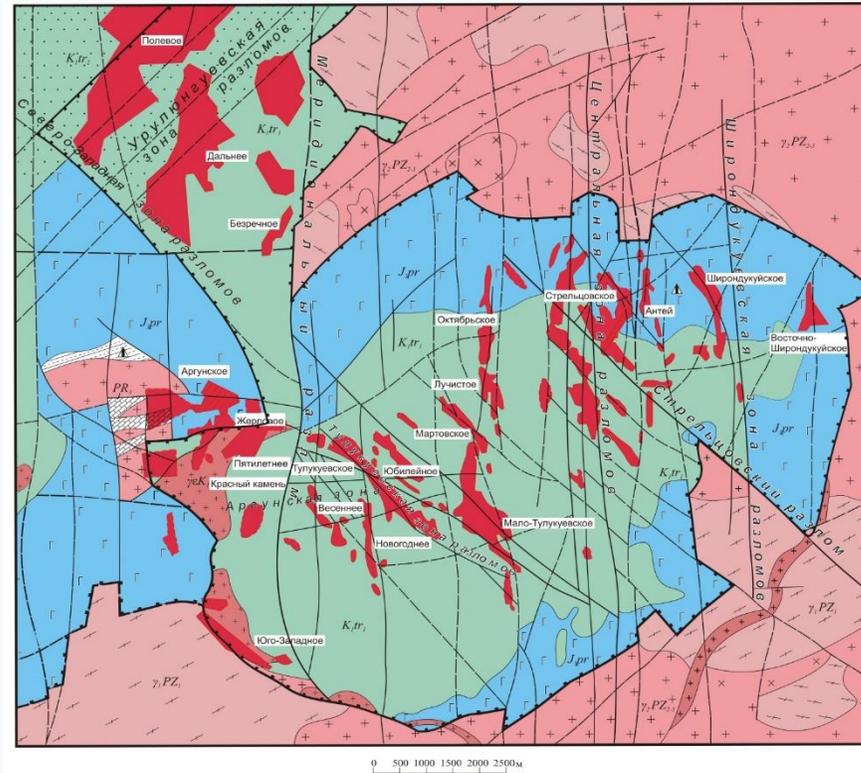
## *ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПОИСКОВЫЕ ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ:*

1. В зонах древних структурно-стратиграфических несогласий (типа «несогласия»).
2. В вулкано-тектонических структурах (Стрельцовского типа).

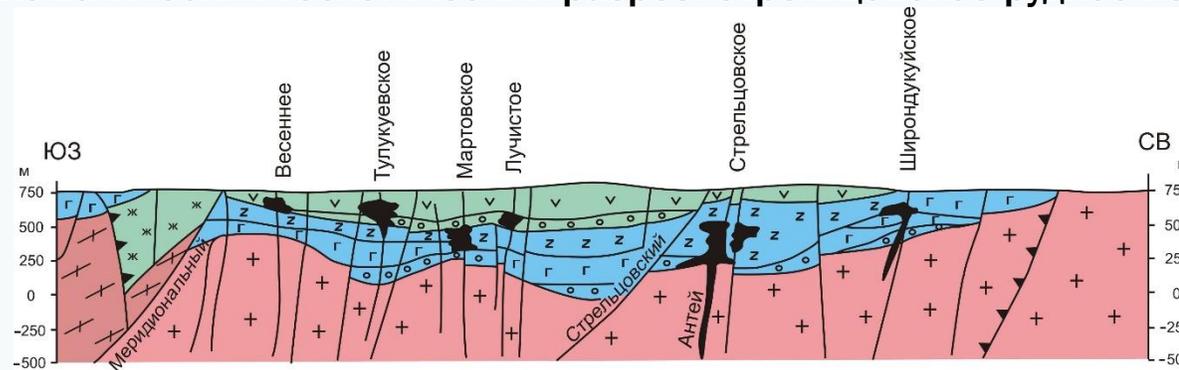
## Схематическая геолого-структурная карта Приаргунского урановорудного района



## Схема Стрельцовского рудного поля (СРП)



## Схематический геологический разрез. Стрельцовское рудное поле



СРП располагается в пределах Приаргунского рудного района. В геологическом строении СРП принимают участие породы гранит-метаморфического фундамента (PR2-PZ) и вулканогенно-осадочного чехла (J-K).

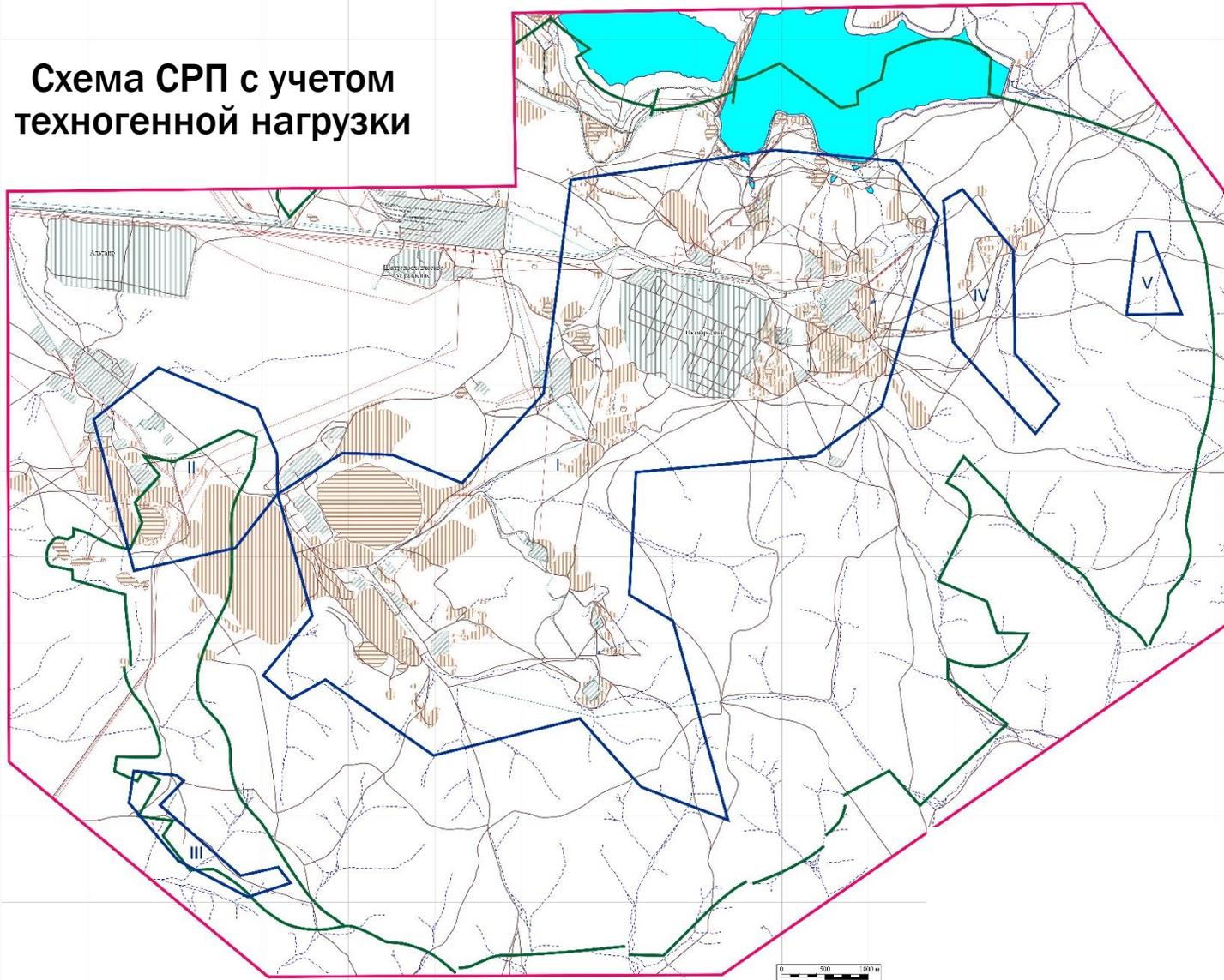
СРП вмещает 19 месторождений с суммарными запасами урана около 300 тыс. т с первоначальными его содержаниями в рудах 0,26%.

Урановое оруденение СРП представлено тремя морфологическими типами – штокверковым, жильным и пластовым, которые нередко переходят один в другой. Как правило, урановое оруденение сопровождают широкие зоны аргиллизитов, охватывающие весь комплекс пород фундамента и вулканогенно-осадочного чехла. В Стрельцовской ВТС и в Урулюнгуевском районе имеются перспективы выявления скрытых месторождений урана. Все месторождения являются скрытыми.

## Поисковые критерии и признаки

<b>Структурный</b>	Урановое оруденение локализуется в разнонаправленных (северо-западных и субмеридиональных) тектонических нарушениях, сопровождаемых брекчированием и катаклизом, и обеспечивающих высокую гидравлическую проницаемость для восходящих гидротермальных растворов.
<b>Литологический</b>	Благоприятными для рудоотложения являлись кислые эффузивные образования чехла (фильзиты и трахидациты) и кристаллические породы фундамента (гранитоиды, доломитизированные известняки и ортоамфиболиты), в отличии от пластичных и слабопроницаемых туфогенно-осадочных образований.
<b>Гидротермально-метасоматический</b>	На всех месторождениях СРП проявлены предрудные метасоматиты аргиллизитового типа (гидрослюда, монтморилонит, каолинит) имеющие сквозное и иногда зональное проявление. Их ширина варьирует от 10 до 300 м, простирание от сотен метров до 1,5 км. Пострудные метасоматиты кварц-карбонат-флюоритового состава нередко занимают надрудное положение.
<b>Рудно-минералогический</b>	Урановые руды сложены преимущественно настураном и молибденитом, в подчиненном количестве отмечаются коффинит и браннерит. К примеру на месторождениях восточной части СРП установлена вертикальная зональность, так в интервалах глубин (относительно дневной поверхности, в м): 2600-1350 – браннерит; 1350-1100 – коффинит, браннерит; 1100-800 – настуран, коффинит; 800–100 – настуран, молибденит.
<b>Геохимический</b>	Для урановых руд кроме молибдена характерно наличие повышенных содержаний As, Sb, Pb, Hg, Tl, Ba, Y, Ag, Cu, Zn, P, Zr, Be (наличие и содержание данных элементов варьирует в зависимости от месторождения).
<b>Геофизический</b>	Надфоновые повышения радиоактивности. Области разуплотнений, связанные с зонами проработанными гидротермально-метасоматическими процессами; электропроводящие зоны (минимумы ρк), отвечающие зонам тектонического дробления гидротермально-метасоматических изменений, к которым приурочено урановое оруденение, а также понижение значений скоростей продольных и поперечных колебаний в областях проявлений тектонических нарушений, связанных с разуплотнением пород фундамента.

**Схема СРП с учетом техногенной нагрузки**



## Условные обозначения

- Дороги
- - - Железные дороги
- · · · · Теплотрассы, трубопроводы
- ЛЭП
- ▨ Пром. Зоны
- ▧ Населенные пункты
- Карьеры
- ▨ Отвалы, дамбы, насыпи
- Гидросеть, отстойники
- Внешние границы отстойников
- - - Руслу временных потоков
- Площадь проектируемых работ
- ▭ V Контуры горных отводов
- Границы кальдеры

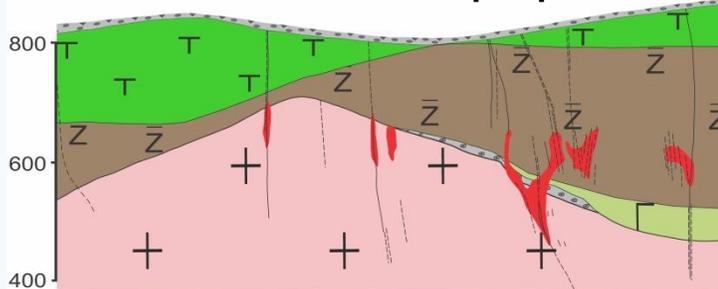
1. Выделение участков с техногенной нагрузкой, на которых проведение геохимических работ по ВОР нецелесообразно.
2. Предварительное выделение областей развития четвертичных отложений, в пределах которых возможно проведения геохимических работ по ВОР.

## Месторождения Южно-Широндукуйское. Карты содержаний ЕРЭ по данным гамма-спектрометрической съемки (ГСС)

### Геологическая схема

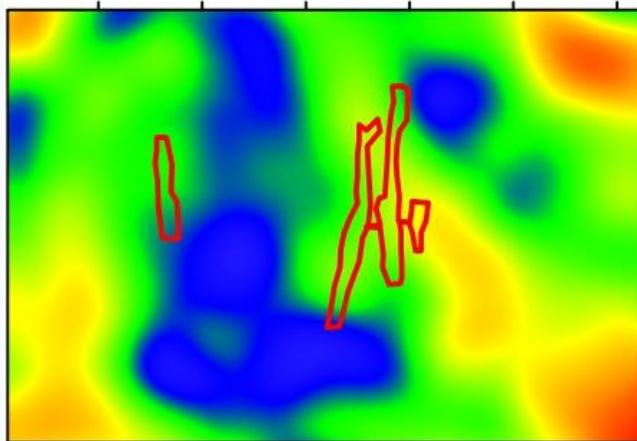


### Геологический разрез

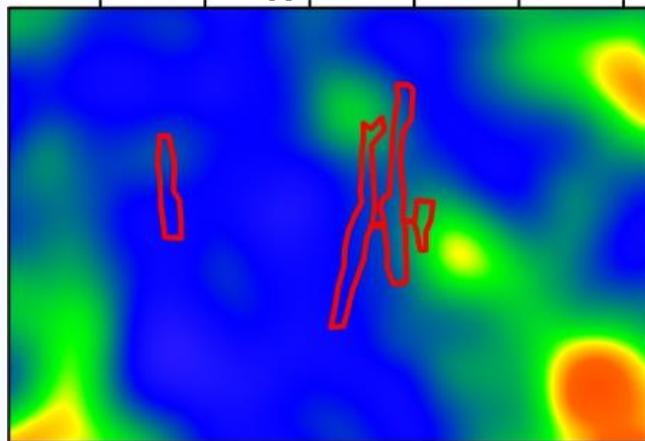


БПЛА-съемку возможно проводить на высоте 20 м в масштабе 1:5 000 (расстояние между профилями 50м).

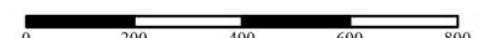
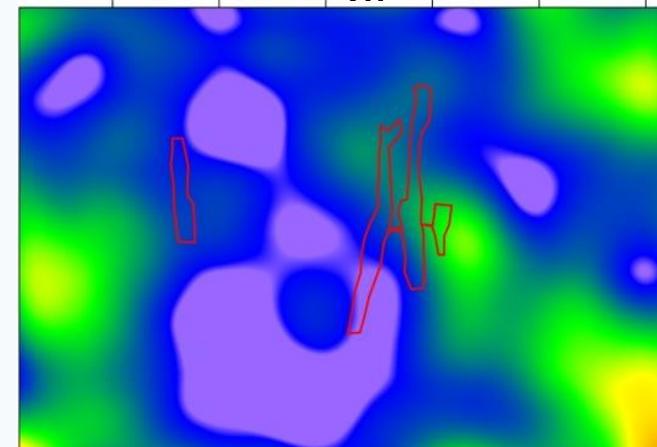
### U (Ra)



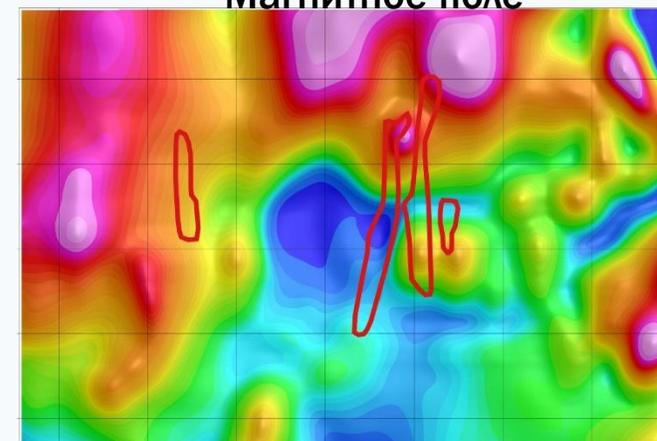
### K



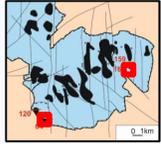
### Th



### Магнитное поле



1. По K, U, Th каналам выделение границы распространения современных отложений, а также коренных пород (фельзитов, базальтов и др.).
2. По K каналу выделение зон околорудных аргиллизитов.
3. По данным магниторазведки расчленение вулканогенных и осадочных пород чехла (андезитов, трахидацитов).
4. Установление радиоактивных аномалий и надфоновых повышений, которые могут иметь как техногенный характер, так и природный.

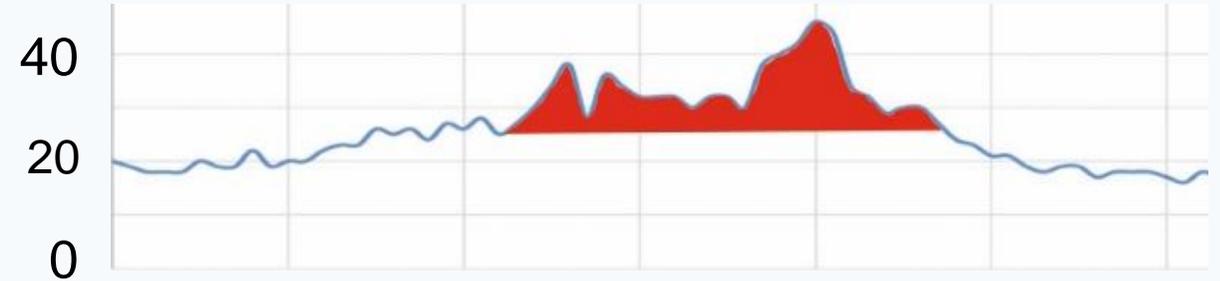


## Месторождение Южно-Широндукуйское. Профиль 164

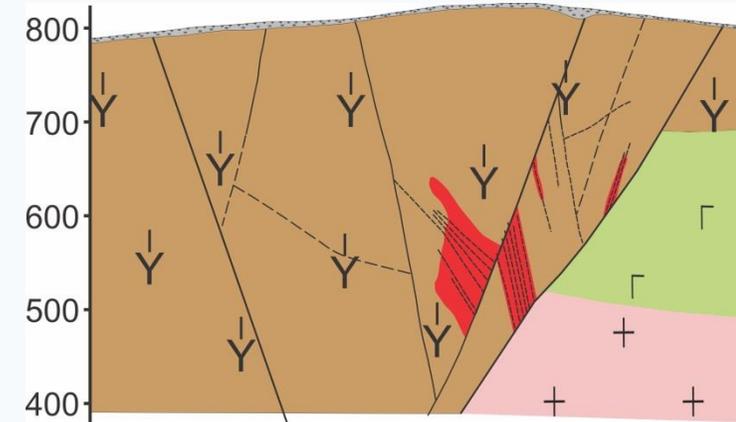
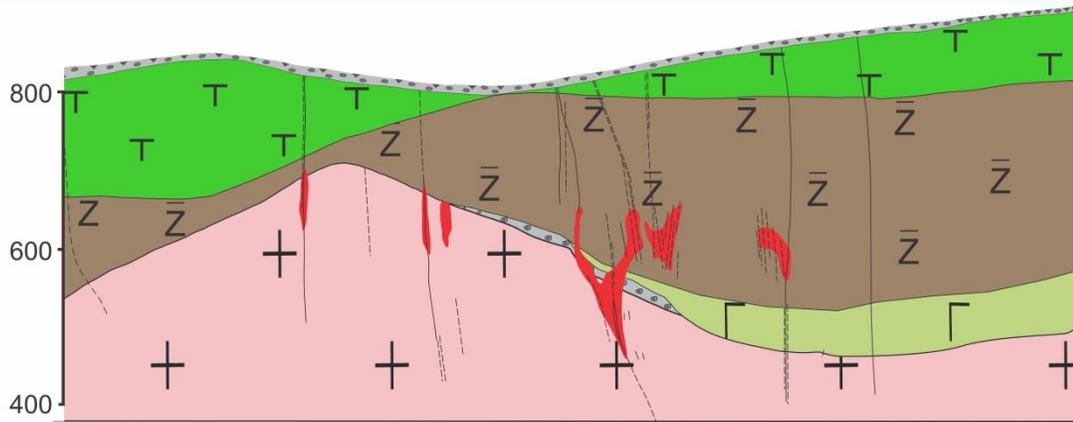
Графики, построенные по результатам пешеходной гамма-съемки, мкР/ч



## Месторождение Юго-Западное. Профиль 64.



Геологические разрезы



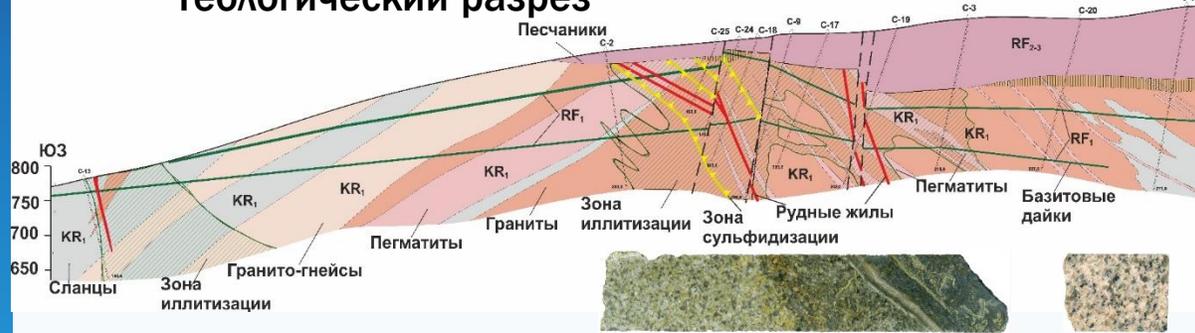
1. Наземная радиометрия позволяет разбраковать Р/а аномалии на техногенные или природные.
2. В случаи если аномалия или надфоновое повышение будут иметь природный характер, то по результатам наземной гамма-спектрометрии будет определена природа радиоактивности (Ra, K, Th).

## Месторождение Столбовое

### График аномалий гравитационного поля



### Геологический разрез

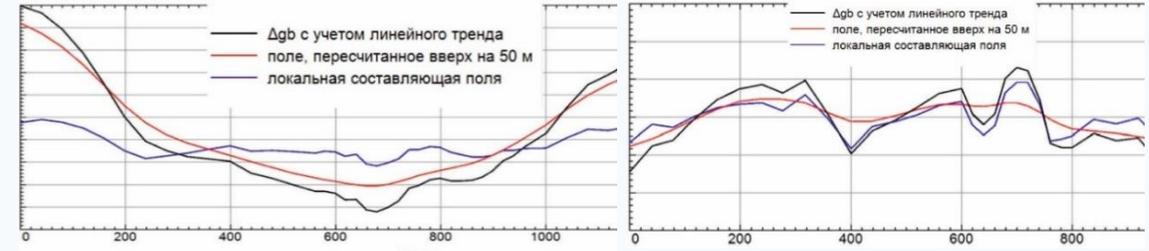


## Месторождения

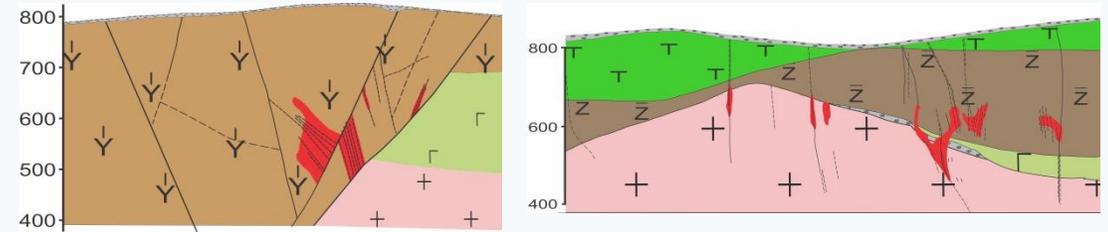
### Юго-Западное

### Южно-Широндукуйское

### Графики аномалий силы тяжести в редукции Буге

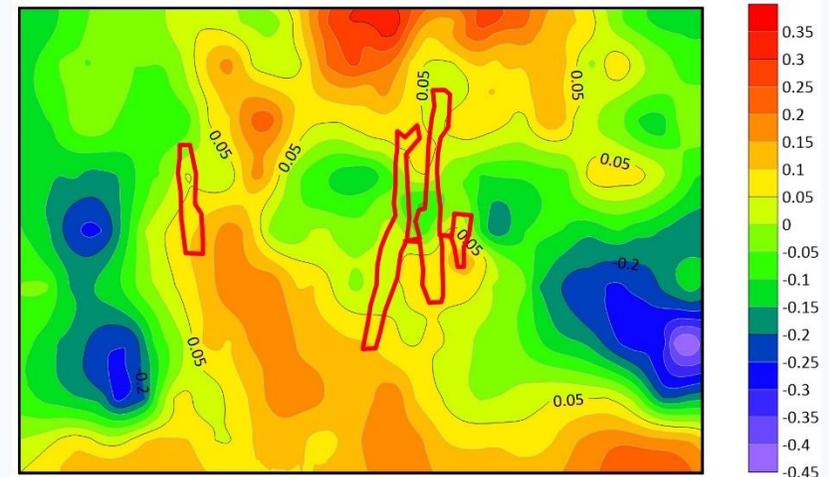


### Геологические разрезы



## Месторождение Южно-Широндукуйское.

### Карта локальных аномалий поля силы тяжести



Гравиразведкой картируются зоны максимальной тектоно-метасоматической проработки, которые, как правило, отвечают отрицательным аномалиям поля силы тяжести.

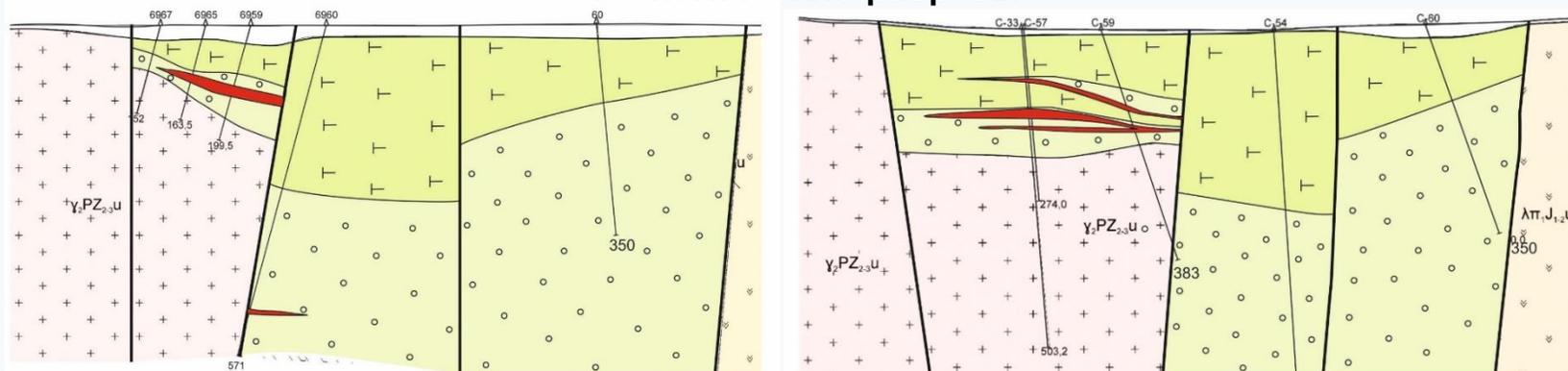
Установлено, что Южно-Широндукуйское месторождение локализуется в узле сочленения субмеридиональной и северо-западной тектоно-метасоматических зон, которые отчетливо фиксируются по данным гравиразведки.

## Рудопроявление Ботогоуйское

График МП УА  $^{210}\text{Po}$  x  $^{210}\text{Pb}$  в почвенных вытяжках по методу ИПМ, Бк/кг



## Геологические разрезы

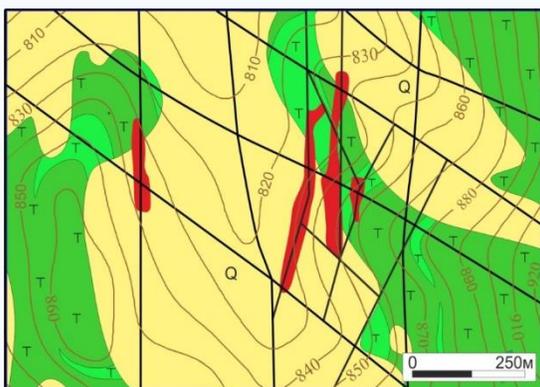


1. В пределах участков с повсеместно развитыми четвертичными отложениями над рудными телами на графиках МП УА ( $^{210}\text{Po}$  x  $^{210}\text{Pb}$ ) фиксируются соответствующие аномалии.
2. На участках, где современные отложения развиты фрагментарно скрытые рудные тела фиксируются по отношению МП УА ( $^{210}\text{Po}$  x  $^{210}\text{Pb}$ ) к содержанию урана.

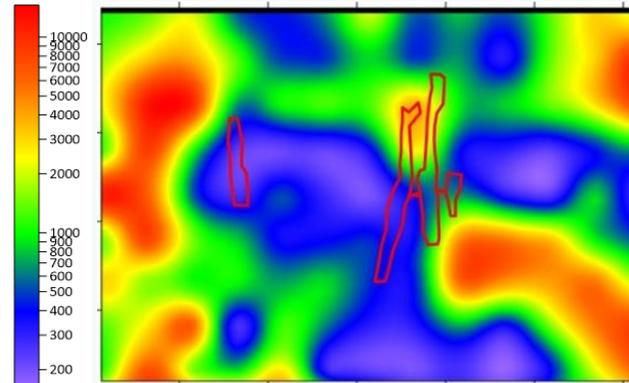
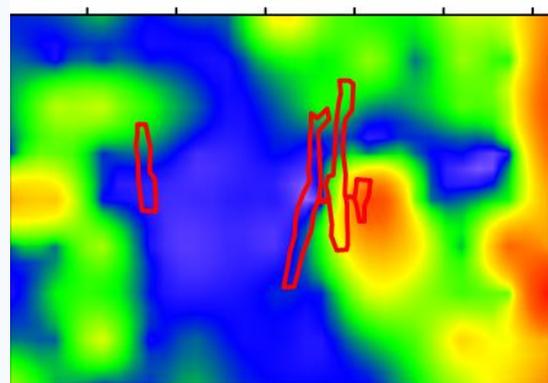
## Месторождение Южно-Широндукуйское

Карта МП УА  $^{210}\text{Po}$  x  $^{210}\text{Pb}$ , Бк/кг

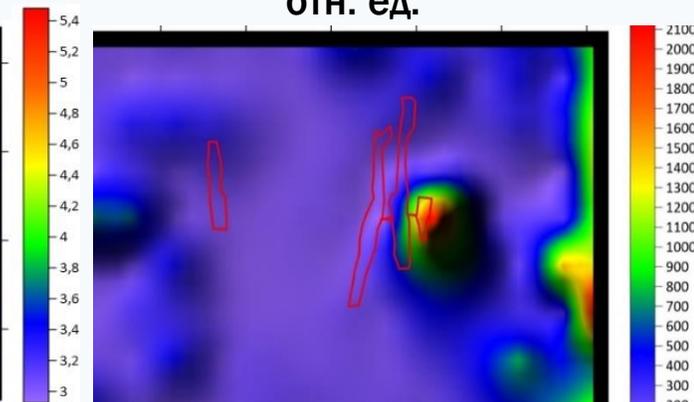
Геологическая карта



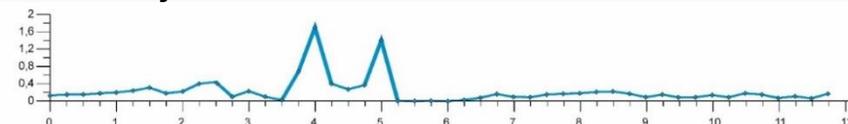
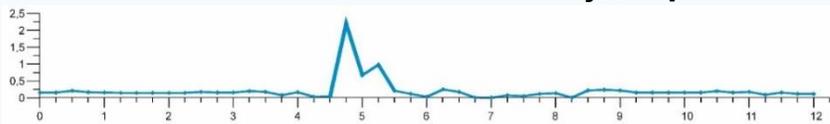
Карта содержаний урана по данным наземной ГСС,  $n \cdot 10^{-4}$



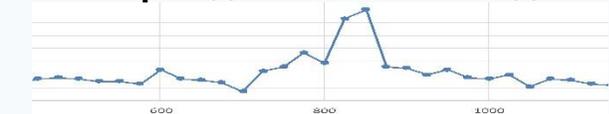
Карта отношения МП УА  $^{210}\text{Po}$  x  $^{210}\text{Pb}$  к содержанию урана, отн. ед.



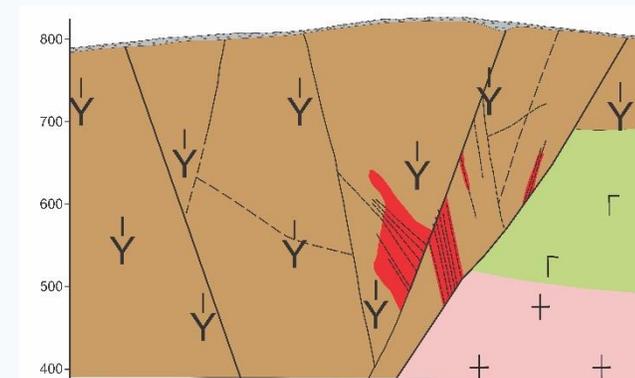
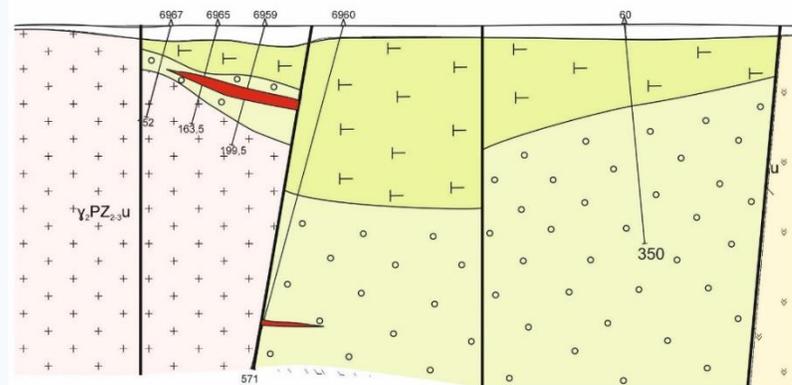
## Содержание урана в почвенных вытяжках по методу КСО, мкг/г Рудопроявление Ботоготуйское



## Месторождение Юго-Западное



## Геологические разрезы

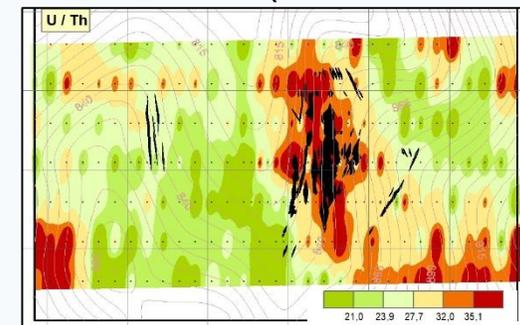
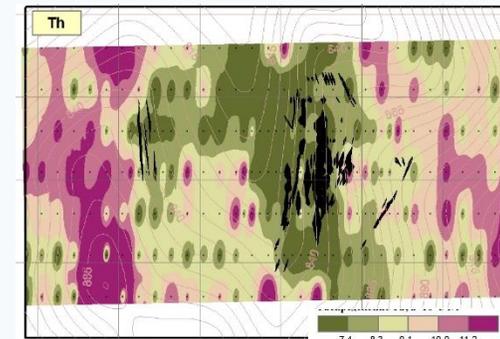
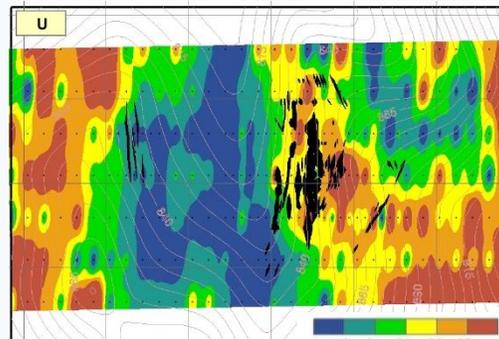
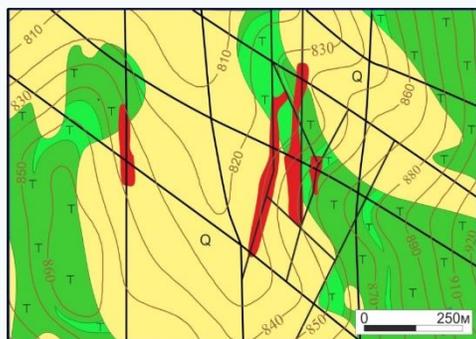


## Месторождение Южно-Широндукуйское. Карты содержаний урана и тория и их отношения, г/т

U

Th

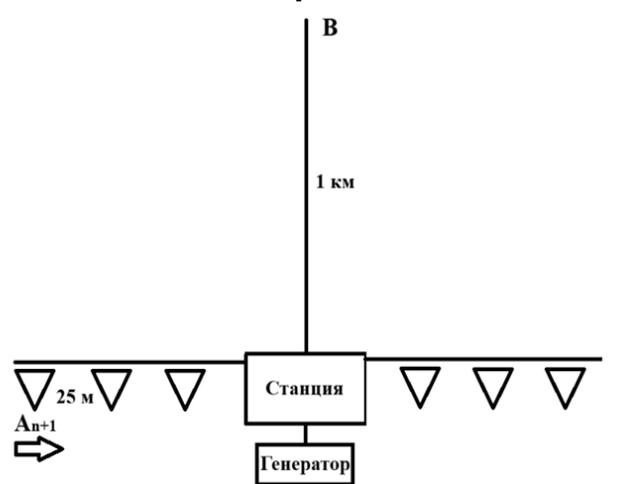
U/Th



1. В пределах участков с повсеместно развитыми четвертичными отложениями над рудными телами на графиках содержания урана по методу КСО фиксируются соответствующие аномалии.
2. На участках, где современные отложения развиты фрагментарно скрытые рудные тела фиксируются по U/Th отношению.

Схема установки:

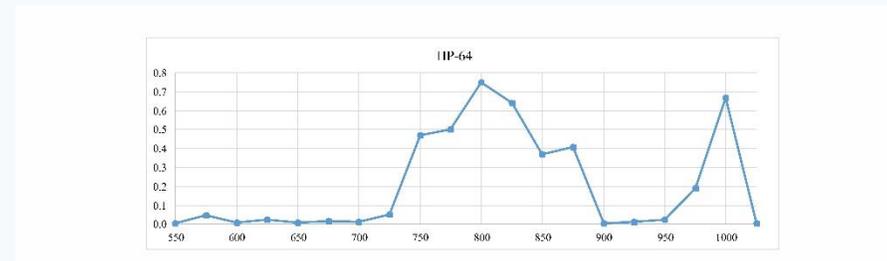
В – питающий электрод-анод;  
треугольниками обозначены  
элементоприемники



20-ти канальная станция ЧИМ



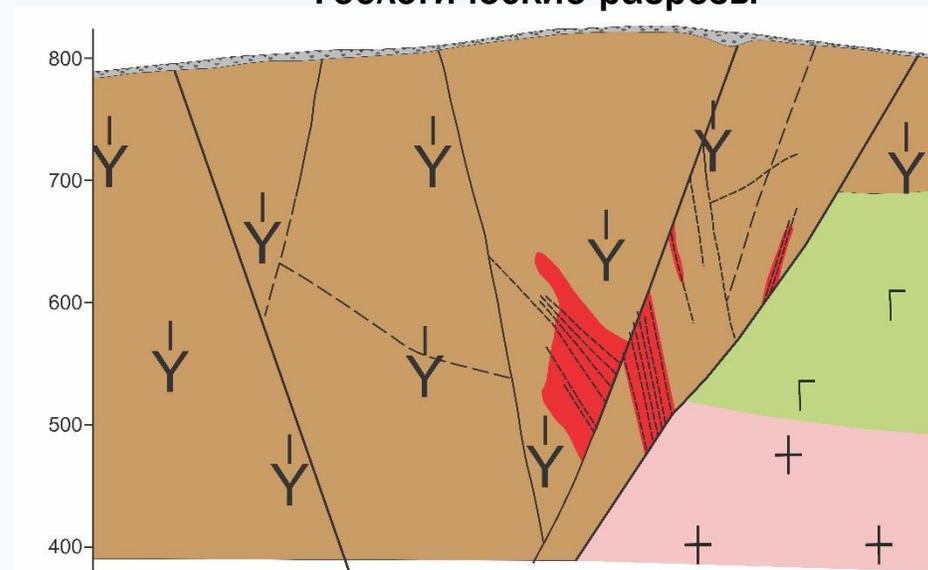
Содержание урана в разбавленной азотной кислоте по методу ЧИМ, мкг/л



Элементоприемник с электродом



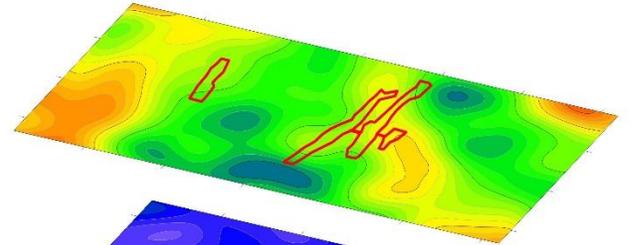
Геологические разрезы



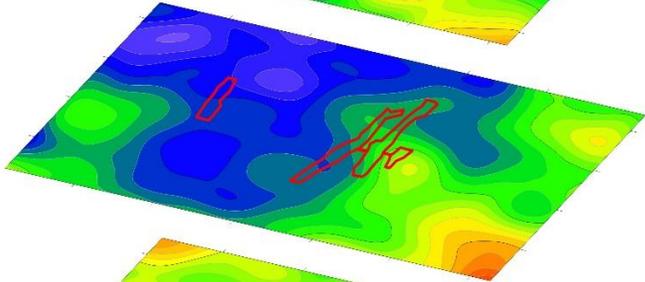
ЧИМ, также фиксирует скрытые рудные тела, но его применение исключает отбор проб по ВОР и теоретически возможно в пределах техногенно загрязненных территорий.

## Поисковые критерии

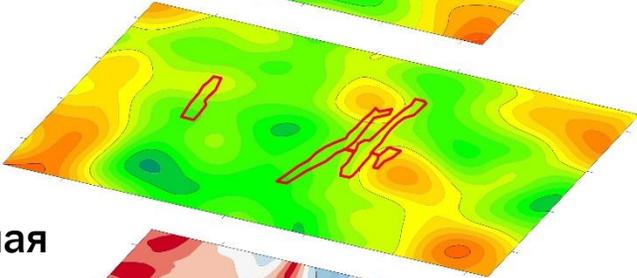
U



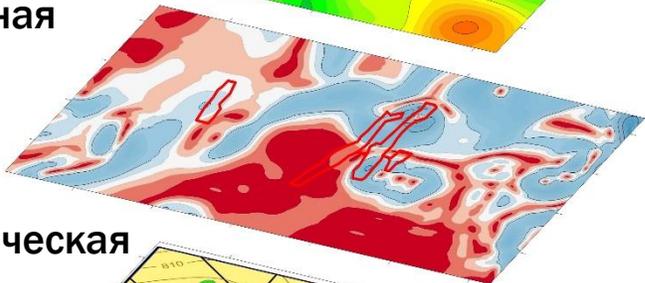
Th



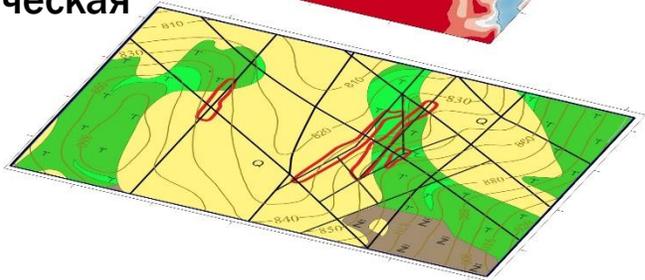
K



Магнитная  
съемка



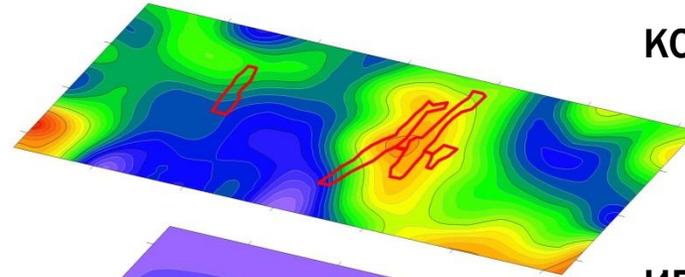
Геологическая  
карта



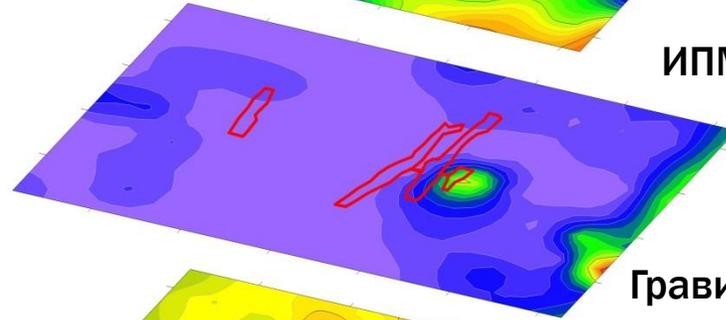
Крупномасштабная геологическая карта, построенная по результатам геологического картирования и данных беспилотной геофизики, является основой для проведения дальнейших поисковых работ.

## Поисковые признаки

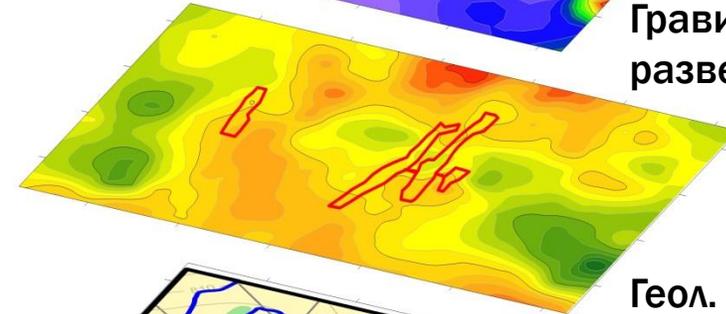
КСО



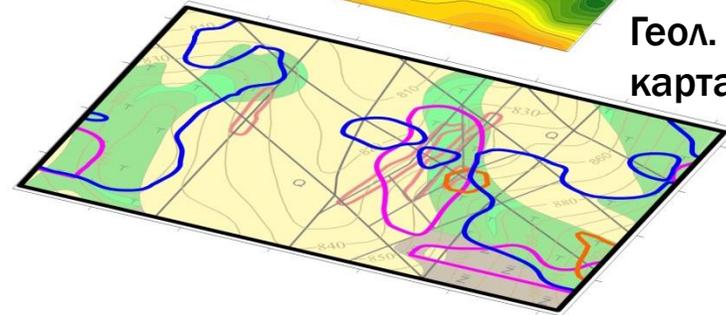
ИПМ



Грави-  
разведка

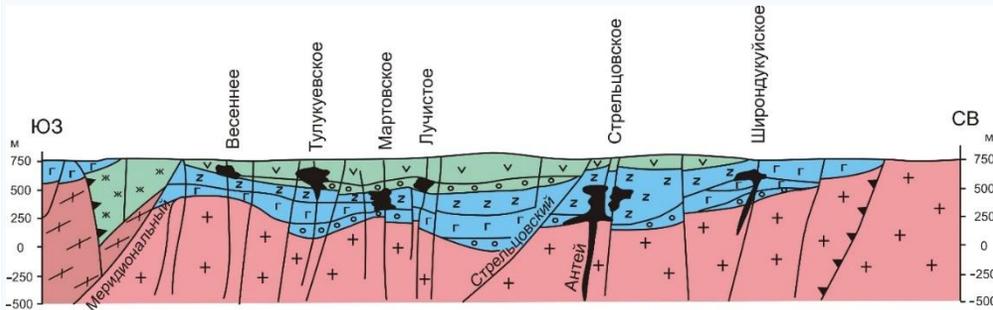


Геол.  
карта



Участки совмещения разнонаправленных разрывных нарушений, проявляющиеся локальными отрицательными аномалиями поля силы тяжести, в виде геохимических аномалий урана, его элементов-спутников и продуктов радиоактивного распада, а иногда надфоновых повышений Р/а, являются объектами буровых работ.

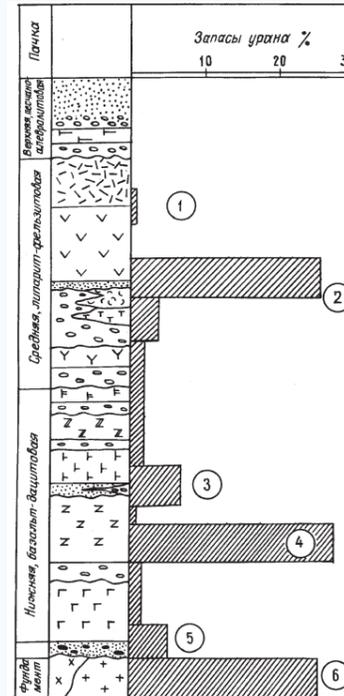
## Схематический геологический разрез через месторождения Стрельцовского рудного поля



Около 80% запасов локализовано на 3-х литолого-стратиграфических уровнях в:

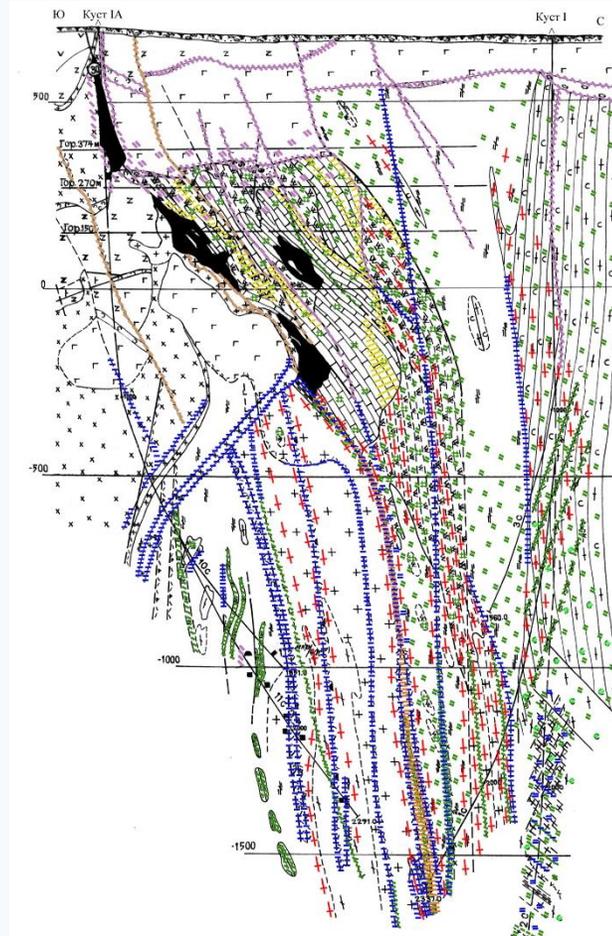
- фельзитах ( $K_1$ ) (Тулукуевское, Мартовское, Юбилейное, Новогоднее, Весеннее, Мало-Тулукуевское);
- трахидацитах ( $J_3$ ) Стрельцовское, Октябрьское, Мартовское, Широудкуйское.
- породах в фундамента (Антей, Аргунское).

## Рудоносные стратиграфические уровни СРП

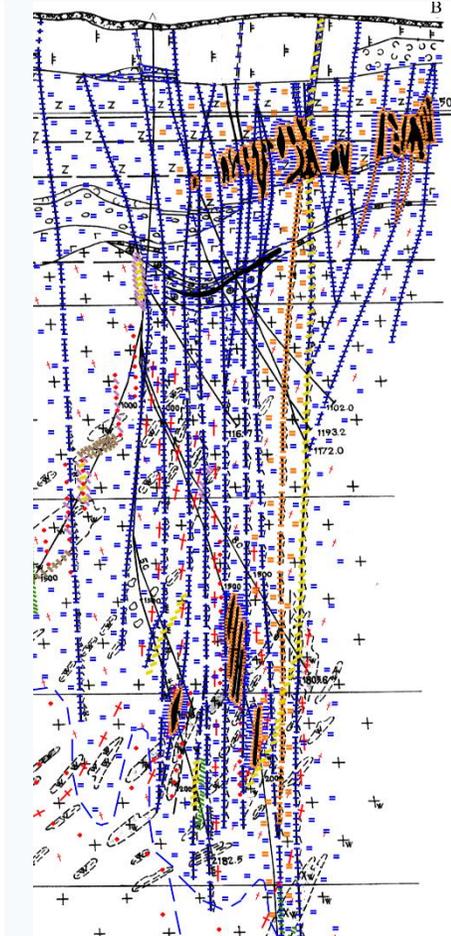


## Геологический разрез. (по данным Сердюк Л.В.) Месторождение:

### Аргунское и Жерловое



### Стрельцовское и Антей



Заверка каждого локального участка производится посредством бурение 2-3 наклонных скважин.

Первая скважина, глубиной 100-250м пересекает потенциально рудоносные фельзиты.

Вторая – до 500м пересекает потенциально рудоносные трахидациты.

Сопутствующие работы включают: комплекс ГИС (ГК, СГК, БК-3, КМВ, КМ, ИНКЛ); документацию с картированием метасоматитов ИК-спектрометром, опробование.

- монтморилонитизация

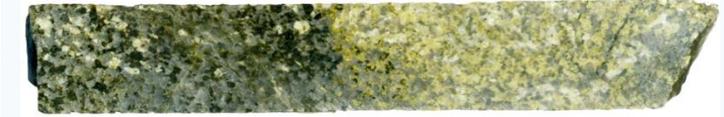
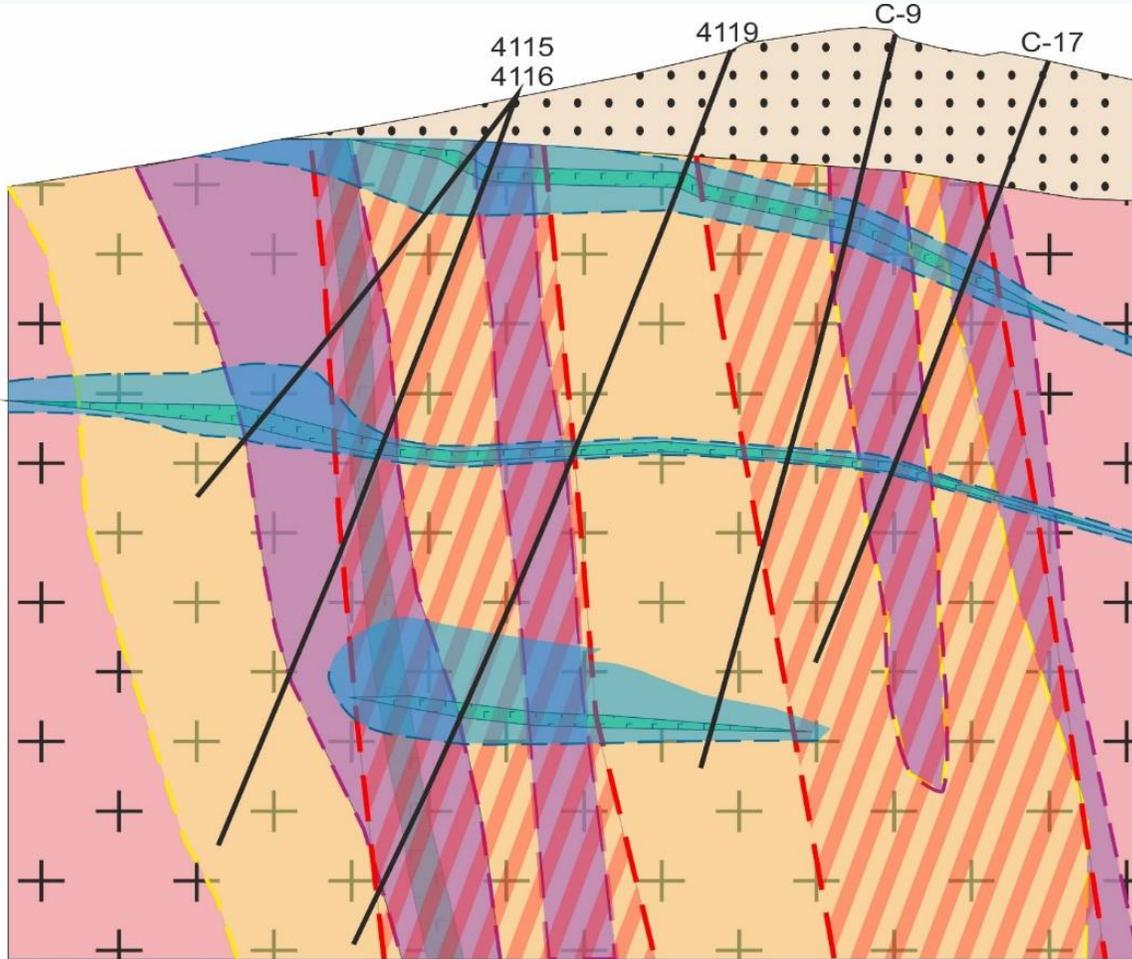
- гидрослюдизация

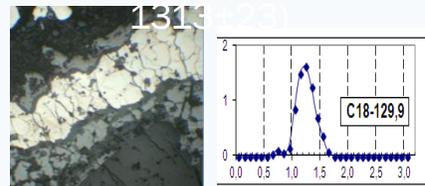
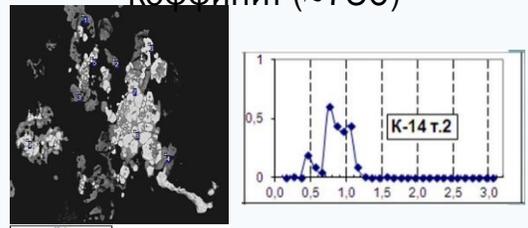
Околорудные аргиллизиты (монтморилонит и гидрослюда) имеют сквозное развитие, и в том числе проявлены в надрудном и подрудных срезях.

## Геологический разрез. Месторождение Столбовое

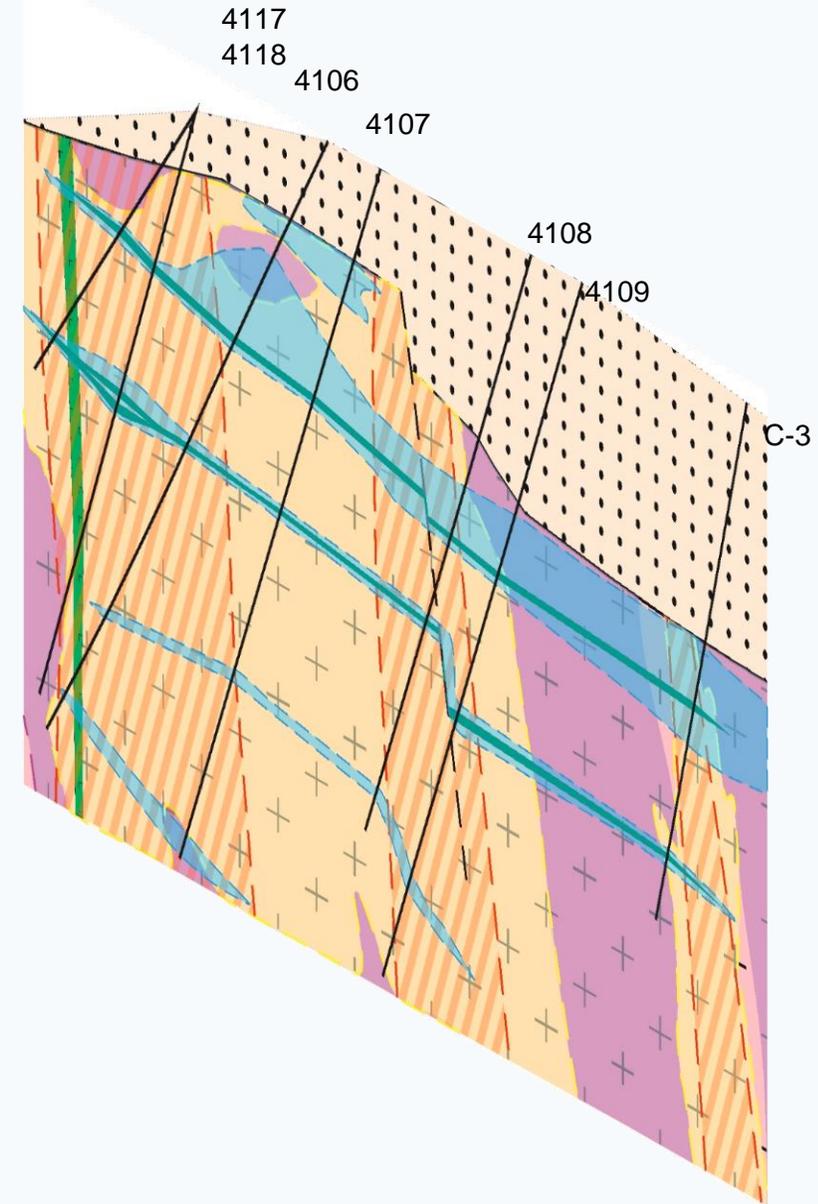
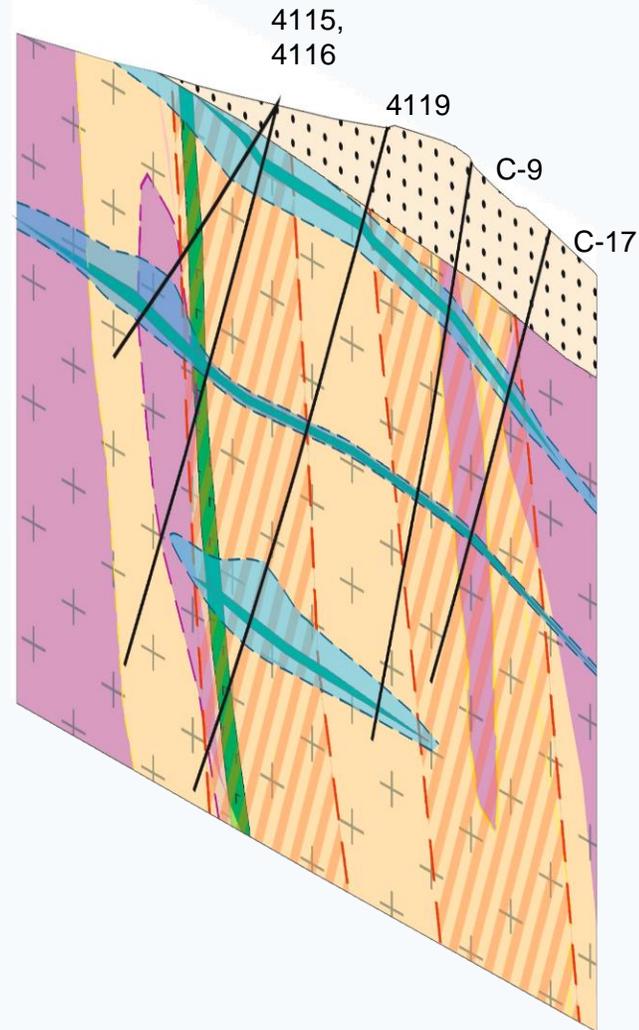
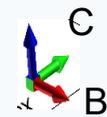
## TerraSpec 4 Hi-Res

## Фотография керна



	Раннерифейский (RF <sub>1</sub> )	Средне-позднерифейский (RF <sub>2-3</sub> )
Околорудные минералы, диагностированные методом VIS-NIR-SWIR спектроскопии	<p>серицит, фенгит, сидерит, Fe-хлорит</p>	<p>парагонит, парагонит-иллит, серицит-иллит, Mg-хлорит, высокожелезистый и Mn карбонат, кальцит</p>
Урановая минерализация и ее абсолютный возраст (млн. лет)	<p>настуран (1350,</p> 	<p>коффинит (~750)</p> 

Документация керна скважин, в т.ч. с помощью ИК-спектроскопии, позволяет оперативно картировать глинисто-сланцевые минералы, карбонаты, которые, как правило на месторождениях в ВТС и типа несогласия имеют околорудное значение.



Трехмерная модель локализации рудно-метасоматических зон, построенная с применением ИК-спектроскопии.

1. Актуализация геолого-поисковой модели с учетом геолого-промышленного типа. Разработка ландшафтной схемы проведения ГРР.
2. Гамма-спектрометрическая съемка с магниторазведочным каналом в беспилотном варианте масштаба 1:10 000 – 1:5 000.
3. Геолого-радиометрические маршруты с целью заверки беспилотных аномалий, и проведения геологического картирования.
4. Наземные гамма-спектрометрические исследования с целью определения природы Р/а.
5. Наземная площадная гравиразведка (сеть 100x25-20м).
6. Геохимическая съемка по сети 100x25-20м по вторичным ореолам рассеяния (КСО, ИПМ, ЧИМ) с попутным картированием четвертичных отложений.
7. Выделение локальных участков для проведения буровых работ.
8. Бурение скважин глубиной 100-250м с целью вскрытия фельзитового горизонта.
9. Бурение скважин до 500м с комплексом ГИС с целью вскрытия трахидацитов - главного рудовмещающего горизонта.
10. Геофизические исследования в скважин: (ГК, СГК, БК-З, КМВ, КМ, ИНКЛ).
11. Гиперспектральные исследования керна скважин с целью выявления окolorудных гидротермально-метасоматических изменений.
12. Опробование керна скважин для выявления элементов-спутников уранового оруденения.

1. Новые поисковые открытия месторождений жильно-штокверкового типа необходимо связывать исключительно со скрытыми и перекрытыми месторождениями в ВТС и типа «несогласия».
2. Прогнозные исследования и последующие поиски базируются на геолого-поисковой модели.
3. Выбор того или иного поискового метода должен основываться не только на выявлении признаков и критериев, но и исходя из ландшафтно-геоморфологической ситуации.
4. Поиски скрытых месторождений требуют внедрения в ГРР новых методических и аппаратурных решений.
5. Опытно-методические исследования, позволили апробировать новые поисковые методы и аппаратуру. В н.в. определен оптимальный поисковый комплекс, нацеленный на выявление скрытых жильно-штокверковых месторождений урана.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

---