

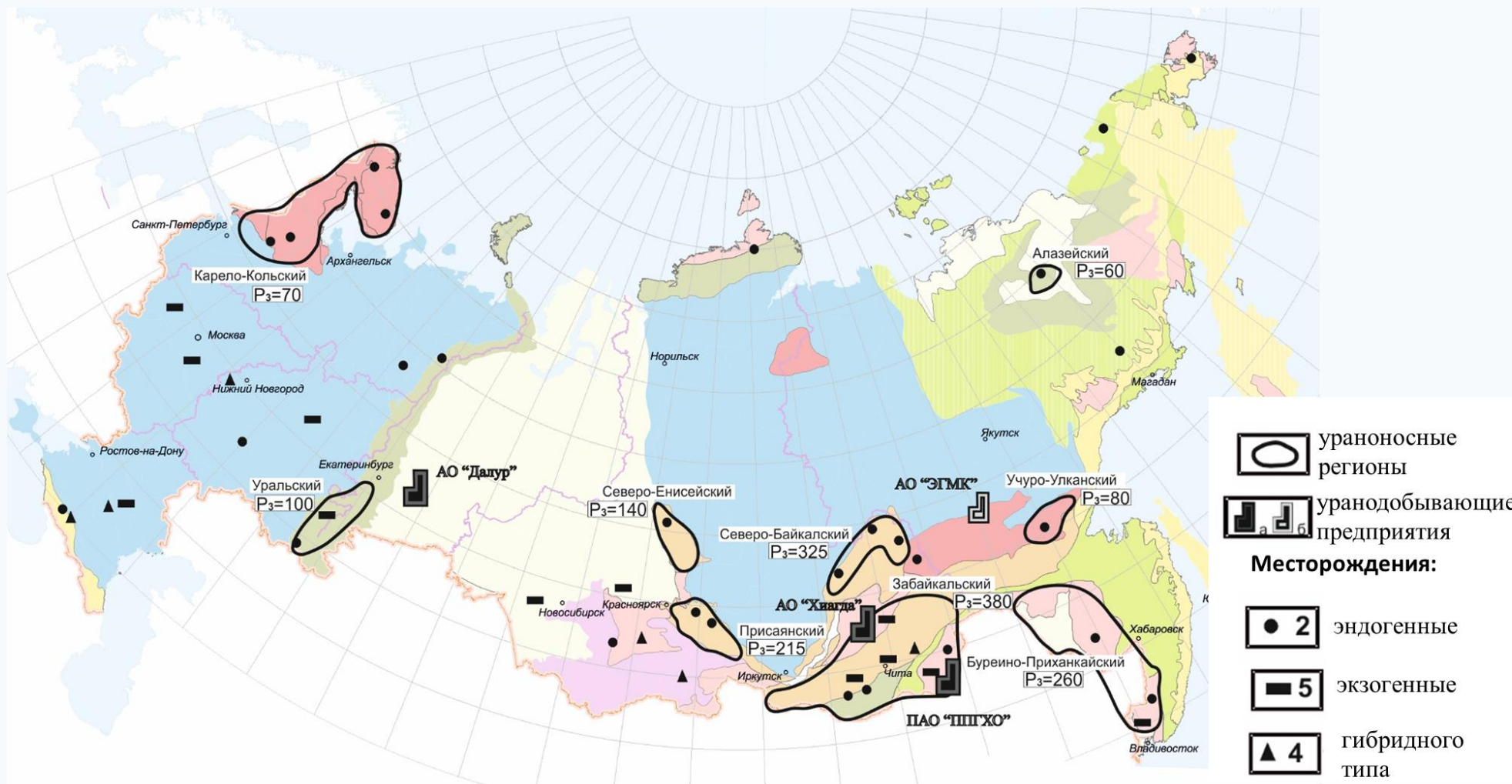
ПРОБЛЕМЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ УРАНОВОЙ ПОИСКОВОЙ ГЕОЛОГИИ И МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Гребенкин Н.А

Зав.отделом урана и редких металлов

Москва, 2023

СХЕМА РАЗМЕЩЕНИЯ ОСНОВНЫХ УРАНОНОСНЫХ И УРАНОВОРУДНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ



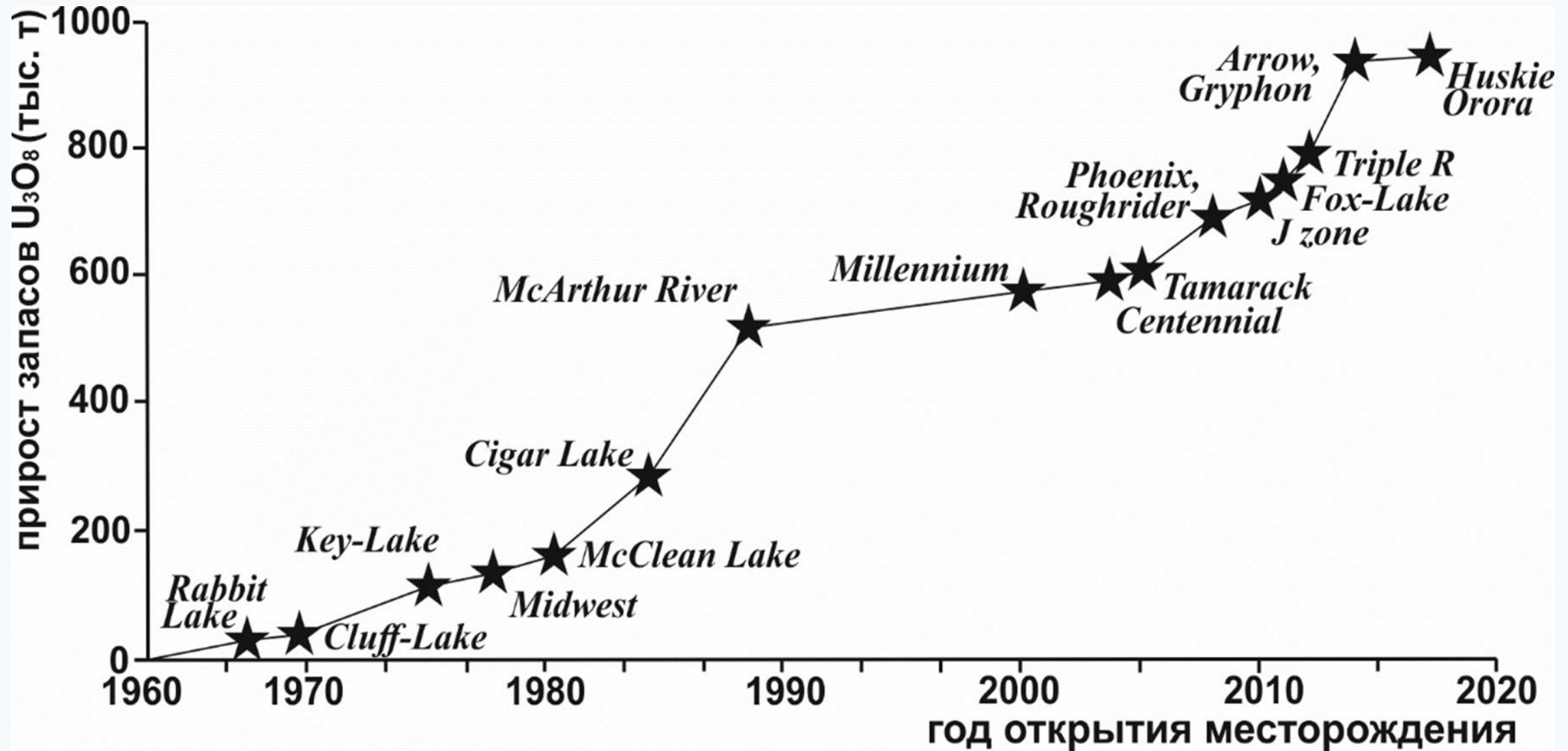
Основные перспективные на уран районы сконцентрированы в Сибирском и Дальневосточном регионах.

Перспективы выявления месторождений урана связаны с объектами 4-мя ГПТ: жильно-штокерковый в ВТС (Стрельцовский тип) жильно-штокерковый в зоне предрифейского ССН; песчаниковый - палеодолинный и в мезозойских депрессиях.

Перспективы выявления месторождений урана на территории России связаны исключительно со скрытыми и перекрытыми объектами – не имеющими выхода на современную дневную поверхность.

1. Весьма слабое финансирование поисковых работ на уран, ограниченное количество специализированных поисковых организаций и профессиональных кадров.
2. Отсутствие высокоэффективной методики поисков скрытых и слабопроявленных жильно-штокверковых месторождений урана и отечественной аппаратурной базы.
3. Сжатые временные рамки поисковых работ - 3 года.
4. Жесткое планирование поисковых работ, ограниченное проектом ГРР.
5. Несовременный методический подход, когда ранг объекта (район, узел, поле) определяет масштаб ГРР.

РАЗВИТИЕ МСБ УРАНА КАНАДЫ НА ПРИМЕРЕ ВПАДИНЫ АТАБАСКА



Канады является лидером по открытию месторождений урана. За последние 20 лет во впадине Атабаска выявлено около 10 месторождений с общими запасами около 400 тыс. т урана.

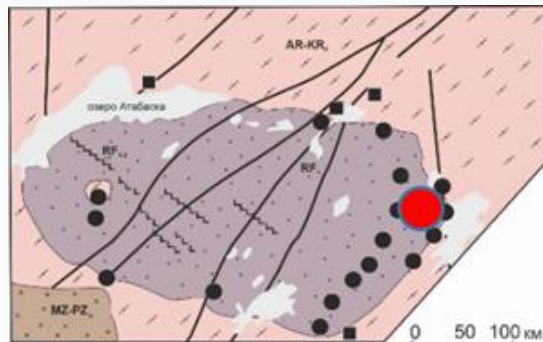
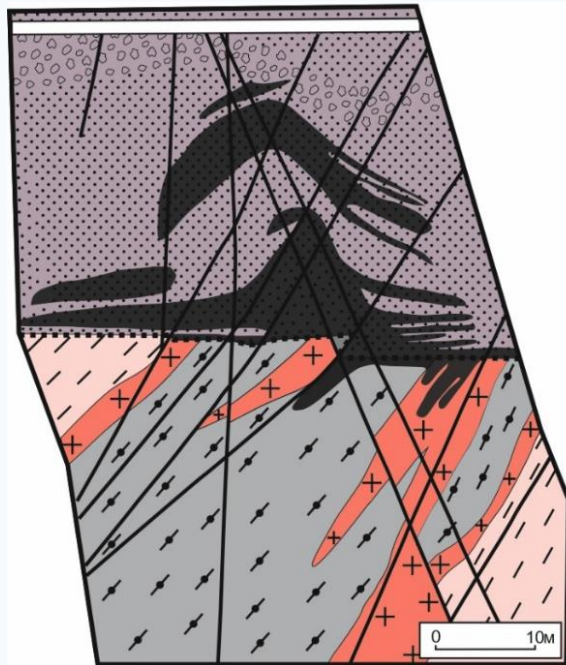
Месторождения типа «несогласия», открытые после 2000 г. во впадине Атабаска. Поисковые этапы

Месторождения и запасы (тыс. т)	Начало работ, г.	Поисковый этап, в рамках которого произошло открытие, г.
Millennium (29)	1978	1998-2000 (3)
Centennial (~20)	середина 60-х	1999-2004 (6)
Tamarack (6,9)	середина 60-х	1999-2005 (7)
Roughrider (~15)	конец 60-х	2006-2009 (4)
J zone (5,8)	конец 60-х	2006-2010 (5)
Phoenix (27,1)	конец 80-х	2003-2008 (6)
Gryphon (22,5)	конец 80-х	2008-2014 (7)
Fox-Lake (26,2)	конец 80-х	2007-2014 (8)
Triple R (39,4)	начало 70-х	2009-2014 (6)
Arrow (106,3)	конец 80-х	2005-2008; 2013-2014 (6)

Территории поисков во впадине Атабаска, на которых открыты месторождения в 2000-х годах, стали объектами ГРП еще в 60-80-е годы прошлого века. Количество поисковых заданий на одной площади могло достигать 5 и более. Заключительный поисковый этап, в рамках которого произошло открытие месторождения, составлял **в среднем 6 лет**. В России сроки проведения всего комплекса поисковых работ, включающих написание проекта и составление окончательного отчета - **3 года**.

ЖЕСТКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ПОИСКОВЫХ РАБОТ, ОГРАНИЧЕННОЕ 3-Х ЛЕТНИМ ПРОЕКТОМ ГРР

Месторождение Tamarack



Месторождение контролируется проводниками (показаны красными линиями)



Краткая характеристика месторождения

Год открытия	2005
Запасы и сод-е	6,9 тыс.т; 3,75%
Условия локализации	В зоне ССН и в песчаниках
Размеры р.т. (ДхШхМ)	700х 50х10м
Глубина залегания	190м
Начало ГРР	середина 60-х

Знаковые моменты в истории открытия месторождения

1980 г. Аэроэлектроразведка методом переходных процессов (INPUT) выявила структурный тренд

1999 г. Электромагнитной съемкой методом Step Loop выявлены проводящие структуры; пройдена скважина Q8-65, которая вскрыла руду (3,3м с содержанием 0,22% U_3O_8)

1999-2005 гг. Различные модификации как наземных, так и аэроэлектроразведочных работ с целью уточнения ориентировки проводников

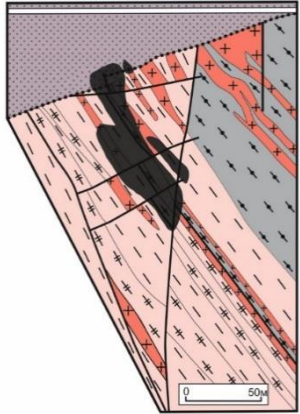
2005 г. Бурением вскрыта промышленная урановая руда

Компании, осуществляющие ГРР во впадине Атабаска, планируют работы на краткосрочный период времени. Они действуют, исходя из полученных на текущий момент времени результатов и задач. В России же в проекте ГРР предусматриваются виды и объемы работ, направление сетей, шаг, а также последовательность реализации методов на весь период поисковых работ

НЕСОВРЕМЕННЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД, КОГДА РАНГ ОБЪЕКТА ОПРЕДЕЛЯЕТ МАСШТАБ ГРП

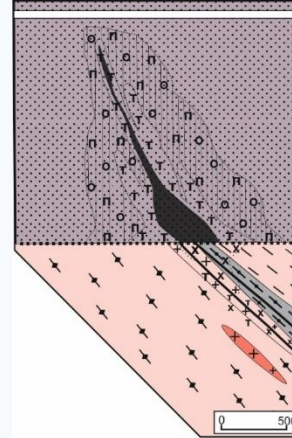
Классический подход ГРП: рудный район изучается в масштабе 1:200 000 – 1:50 000; рудный узел – 1:50 000 – 25 000; рудное поле – 1:25 000 – 1:10 000 и крупнее. Насколько такой подход правомерен при поисках месторождений урана, которые являются скрытыми и представляют собой объекты весьма компактного размера?

Месторождение Millennium



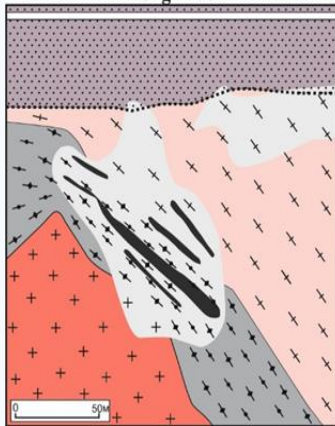
Год открытия	2000
Запасы и ср. сод-е (U ₃ O ₈)	29 тыс.т; 2,03%.
Условия локализации	В фундаменте, частично в ССН.
Размеры м-ния (ДПрхМхДП)	230x30x70м
Глубина залегания	600-750м
Начало ГРП	1978

Месторождение Fox-Lake



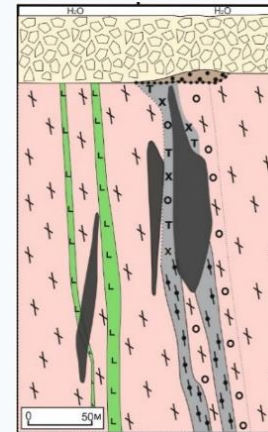
Год открытия	2011 г.
Запасы и сод-е	~ 26,2тыс.т; 6,78%
Условия локализации	В песчаниках над зоной ССН
Размеры (ДхШхМ)	Зоны Западная (650x40x25), Центральная (500x60x25)м и «висячая» в виде тонких линз.
Глубина залегания	700 м
Начало ГРП	конец 80-х

Месторождения Roughrider



Год ссоткрытия	2008
Запасы и содержание	~15тыс.т; ~9,0%
Условия локализации	Преимущественно в фундаменте
Размеры р.з. (ДхШхМ)	Западная (200x100м), Восточная (125x70м) и Дальневосточная (100x50м). Мощность 80-100м
Глубина залегания	250-350м

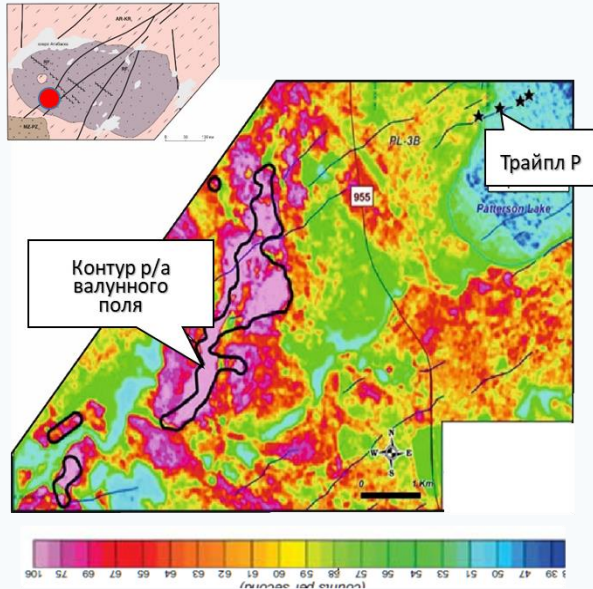
Месторождение Triple R



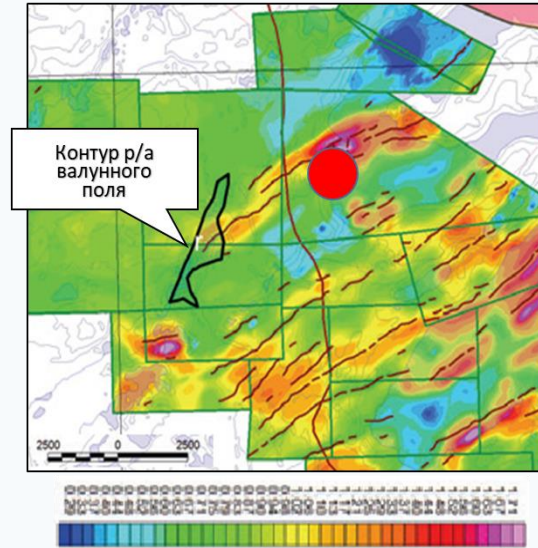
Год открытия	2012 г
Запасы с сод-е	39,4 тыс.т; 1,78%
Условия локализации	В фундаменте
Размеры (ДхШхМ)	1000x100x50м
Глубина залегания	50-150 м
Начало ГРП	начало 70-х

ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ TRIPLE R. ПРОВЕДЕНИЕ ДЕТАЛЬНОЙ КОМПЛЕКСНОЙ АЭРОГЕОФИЗИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ В ПРЕДЕЛАХ ТЕРРИТОРИИ, ОТВЕЧАЮЩИЙ РАНГУ РУДНОГО УЗЛА

Аэрорадиометрическая аномалия, отвечающая шлейфу р/а валунов



Положение месторождения в пределах проводника (VTEM).
Площадь работ ~250 км²



Знаковые моменты в истории открытия месторождения

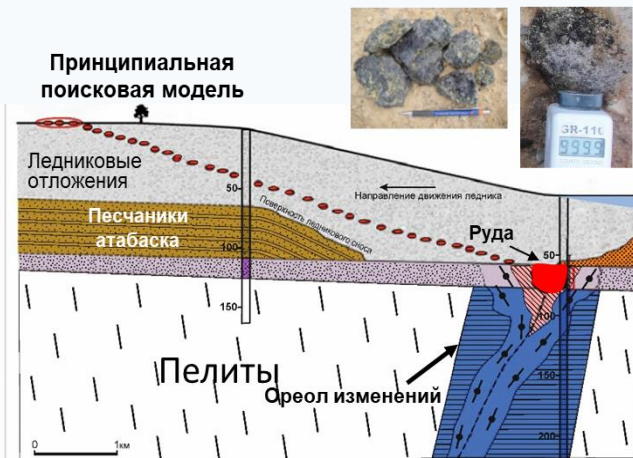
1977 г. Выявлена радоновая аномалия размером 1,2x1,7 км, совпавшая с радиометрическими и почвенными аномалиями. Наземной электромагнитной съемкой выделен проводник, проходящий через озеро Patterson Lake. На его западном берегу пробурена скважина CLU-12-79, которая выявила сульфидно-графитовый проводник с аномальными содержаниями U, Cu, Ni, гематитизацией и хлоритизацией. Продолжения ГРП не последовало.

2009-2012 г. Комплексной аэрогамма- и наземной радоновой съемками выявлены аномалии, совпавшие с аномалиями 70-х гг. Было изучено 89 аэрорадиометрических аномалий и обнаружено большое количество радиоактивных валунов. Размер валунного поля - 7,35x1,0 км.

2012 г. Электромагнитной съемкой VTEM выявлены многочисленные проводники, в т.ч. в 4 км северо-восточнее р/а шлейфа. Геоморфологический анализ показал, что ледник двигался с северо-востока на юго-запад. Т.о., северо-восточный проводник стал объектом бурения.

2014 г. Открыто месторождение Triple R.

Принципиальная поисковая модель



Очередное поисковое задание в бассейне Атабаска всегда начинается с опережающих аэроработ, а одна и та же перспективная площадь может быть закрыта многократно аэросъемкой. При этом, если площадь отвечает рангу рудного узла (сотни км²), несмотря на значительный ее размер, проводятся детальные аэрогеофизические исследования масштаба 1:10000. У нас проведение работ масштаба 1:10000 на таких крупных площадях – ранга рудного узла – не принято, т.к. не соответствует общепринятой методике (стадийности).

ОТСУТСТВИЕ СОВРЕМЕННОЙ, ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ МЕТОДИКИ ПОИСКОВ СКРЫТЫХ И СЛАБОПРОЯВЛЕННЫХ ЖИЛЬНО-ШТОКВЕРКОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА

Опытно-методические исследования ВИМСа совместно с коллективами других организаций (ИРНТУ-SSG, МГУ и др.).

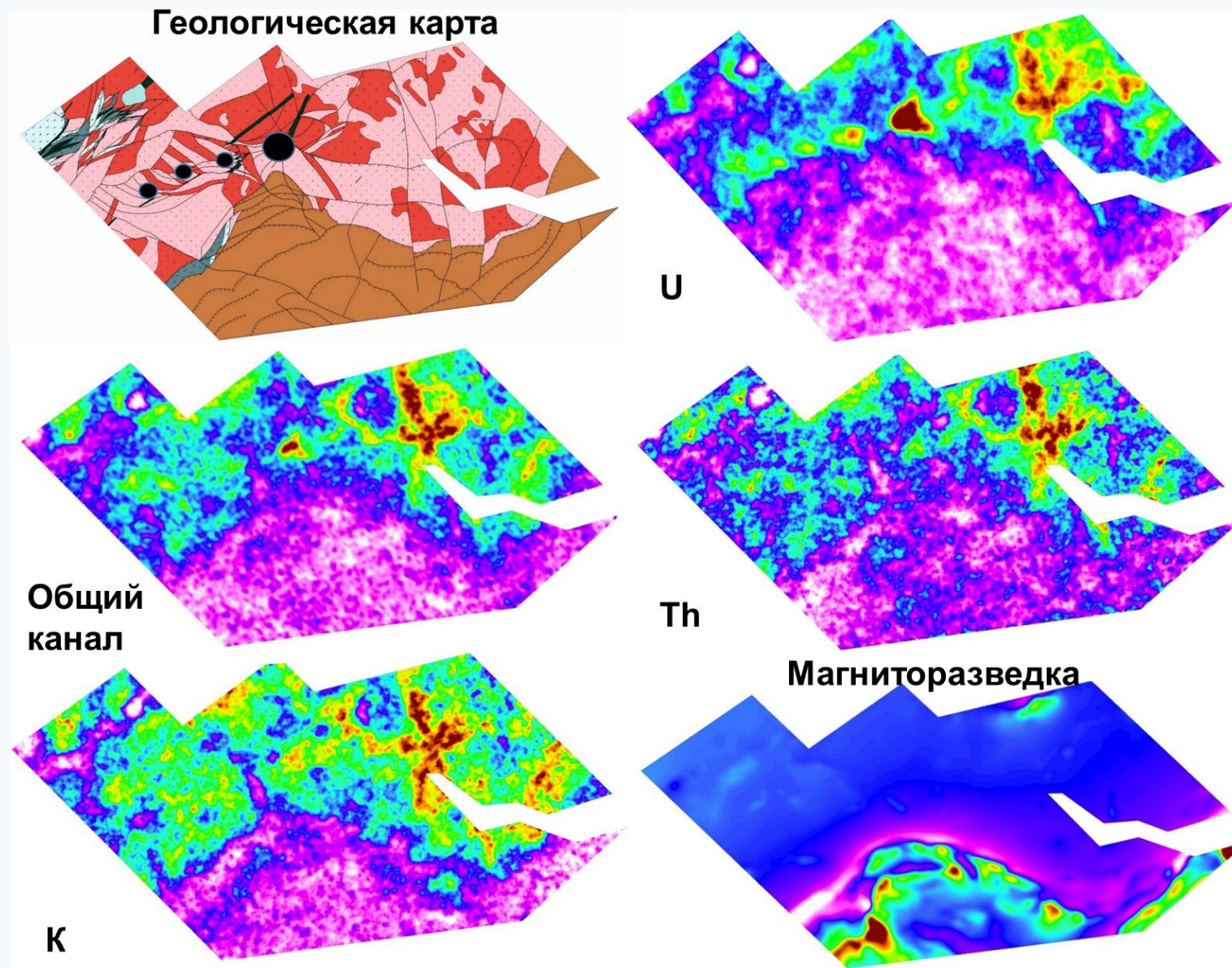
Год ОМР	Эталонный объект	Методы и аппаратура	Организация исполнитель	Главные исполнители
2017	М-ние Столбовое (типа «несогласия»)	<ul style="list-style-type: none"> - VIS-NIR-SWIR-спектроскопия - парамагнитный резонанс; - испытание новых приборов для измерения петрофизических свойств; - испытание портативного рентгенофлуоресцентного анализатора; - беспилотная магниторазведка и радиометрия; - гравиразведка; - сейсморазведка; - изотопно-почвенный - биогеохимический 	ФГБУ «ВИМС» (отдел урана и редких металлов, отдел геофизики, ЛИМА, отдел минералогии); ООО «Сибгеотех»; ИРНТУ; ИГХ СО РАН; АО «Урангео» Olympus	Гребенкин, Ржевская, Паршин, Рассулов, Леденева, Томашев, Раков, Овсянникова, Стародубов, Гулынин, Морозов, Блинов, Мироманов, Злобин, Василишина
2018	М-ние Тетрахское (палеодолинный тип)	<ul style="list-style-type: none"> - ПЭЭП (метод переменного естественного электрического поля); - магниторазведка; - электротомография; - изотопно-почвенный; - шпуровой; - атмогеохимический 	ФГБУ «ВИМС» (отдел урана и редких металлов, ЛИМА) АО «Урангео»	Прохоров, Дзядок, Стародубов, Овсянникова, Гулынин
2019	Р-ния Хонойской группы (типа «несогласия»)	<ul style="list-style-type: none"> - беспилотная магнитная съемка в комплексе с радиометрией; - изотопно-почвенный; - атмогеохимический; - биогеохимический; - VIS-NIR-SWIR-спектроскопия - апробация отечественного гамма-спектрометра МКСП-01 	ФГБУ «ВИМС» (отдел урана и редких металлов, ЛИМА, отдел черных и цветных металлов); ООО «Сибгеотех» ИГХ СО РАН НТЦ «Радэк»	Гребенкин, Паршин, Стародубов, Минин, Чекмарев, Овсянникова, Будяк, Шикаленко
	М-ние Тетрахское (палеодолинный тип)	<ul style="list-style-type: none"> - атмогеохимический; - изотопно-почвенный; - биогеохимический; - картирование сорбционно-солевых ореолов (КСО); - шпуровой; - резонансно-акустическое профилирование 	ФГБУ «ВИМС» (отдел урана и редких металлов, ЛИМА, отдел геохимии); «Аль Терра»	Прохоров, Лапин, Овсянникова, Стародубов, Несмеянова, Бединов

ОТСУТСТВИЕ СОВРЕМЕННОЙ, ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ МЕТОДИКИ ПОИСКОВ СКРЫТЫХ И СЛАБОПРОЯВЛЕННЫХ ЖИЛЬНО-ШТОКВЕРКОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА

Опытнo-методические исследования ВИМСа совместно с коллективами других организаций (ИРНITU-SSG, МГУ и др.).

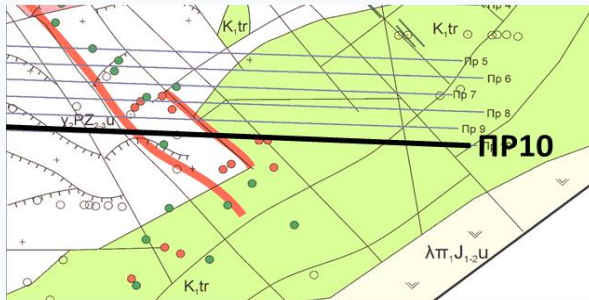
2020	М-ние Столбовое и его фланги (типа «несогласия»)	<ul style="list-style-type: none"> - резонансно-акустическое профилирование; - БПЛА гамма-съемка с наземной заверкой Р/а аномалий; - БПЛА-МПП 	ФГБУ «ВИМС» (отдел урана и редких металлов, ООО «Сибгеотех»)	Гребенкин, Паршин, Титов, Бухалов
	М-ния Юго-Западное и Южно-Широндукуйское (в ВТС)	<ul style="list-style-type: none"> - гравиразведка; - резонансно-акустическое профилирование; - биогеохимический; - изотопно-почвенный; - применение бура-перфоратора 	ФГБУ «ВИМС» (отдел урана и редких металлов, отдел геофизики, ЛИМА, геолого-производственный отдел); МГУ; «Аль Терра»;	Гребенкин, Ржевская, Фадеев, Титов, Ерохов, Беляевский, Овсянникова,
2021	Р-ния Уртуйской группы (в меловых впадинах)	<ul style="list-style-type: none"> - БПЛА-магниторазведка; - БПЛА-гамма-спектрометрия; -БПЛА-МПП; - наземная гамма-спектрометрия с апробацией отечественного гамма-спектрометра МКСП-01; - изотопно-почвенный; - КСО 	ФГБУ «ВИМС» (отдел урана и редких металлов, отдел геофизики, ЛИМА, отдел геохимии); SSG ИНТУ; ООО «Сибгеотех»; НТЦ «Радэк»	Прохоров, Паршин и Ко, Ржевская, Гатилов, Несмеянова, Шикаленко
	М-ние Южно-Широндукуйское	<ul style="list-style-type: none"> - геологическое картирование; - гравиразведка; - изотопно-почвенный; - атмогеохимический; - КСО - наземная гамма-спектрометрия с апробацией отечественного гамма-спектрометра МКСП-01; - БПЛА-магниторазведка; - БПЛА – гамма-спектрометрия; - БПЛА – лидар; - наземная гамма-спектрометрия 	ФГБУ «ВИМС» (отдел урана и редких металлов, отдел геофизики, ЛИМА, отдел геохимии); SSG ИНТУ; ООО «Сибгеотех»; НТЦ «Радэк»; МГУ	Гребенкин, Паршин и Ко, Тубольцев, Машнин, Овсянникова, Сорокин, Ржевская, Масло, Фадеев и Ко, Несмеянова, Шикаленко
2022	М-ние Южно-Широндукуйское	<ul style="list-style-type: none"> - эманионная съемка с апробацией отечественного прибора КАМЕРА-01 - КСО; - разработка лабораторной установки для измерения УЭС 	ФГБУ «ВИМС» (отдел урана и редких металлов, отдел геофизики, ЛИМА, отдел геохимии);	Тубольцев, Машнин, Сорокин, Несмеянова
	М-ние Тетрахское	<ul style="list-style-type: none"> - БПЛА-магниторазведка; - БПЛА-гамма-спектрометрия; - БПЛА-МПП; - бигеохимический 	ФГБУ «ВИМС» (отдел урана и редких металлов, отдел геофизики, ЛИМА); SSG ИНТУ; ООО «Сибгеотех»	Прохоров, Паршин и Ко, Ржевская, Мильгунов, Стародубов, Машнин

С 2017 г. в ВИМСе при активном участии организаций-партнеров (SSG-ИРНITU, МГУ, ООО «Сибгеотех», НТЦ «Радэк» и др.) активно осуществляются опытнo-методические работы по внедрению новых поисковых методов на уран и аппаратуры

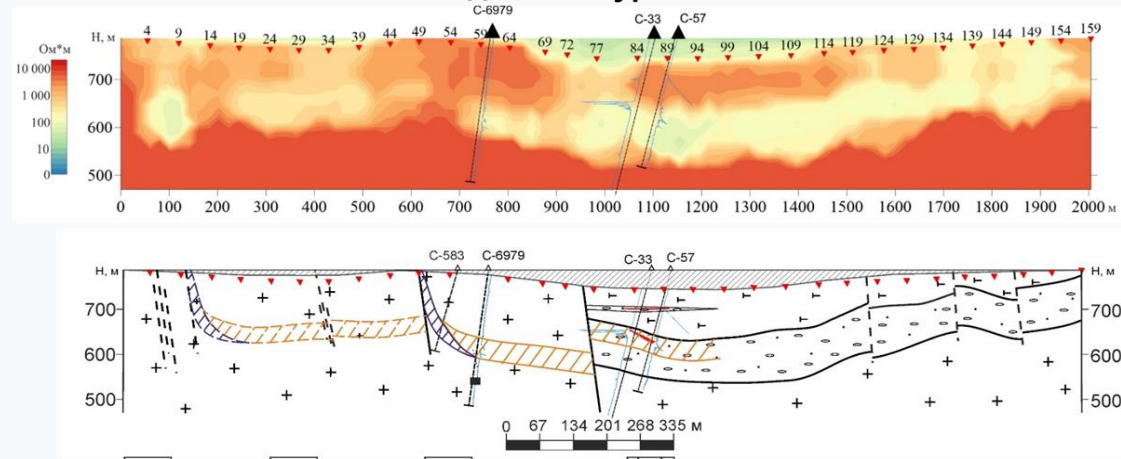


1. По результатам беспилотной гамма-спектрометрии выявляются р/а аномалии, картируется граница фундамента и чехла, выделяются в их пределах различные комплексы
2. Беспилотная магниторазведка позволяет картировать магнитные формации в чехле и в фундаменте

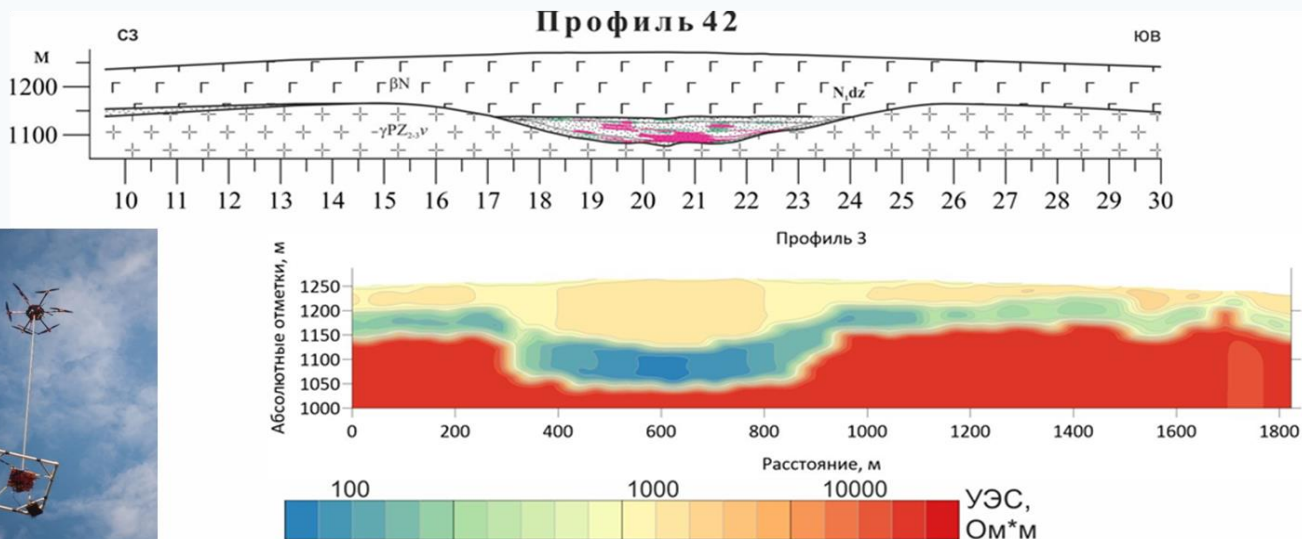
**Геологическая карта участка ОМР.
Рудопроявления Ботоготуйское**



**Геоэлектрический и геологический разрезы с учетом
данных бурения**

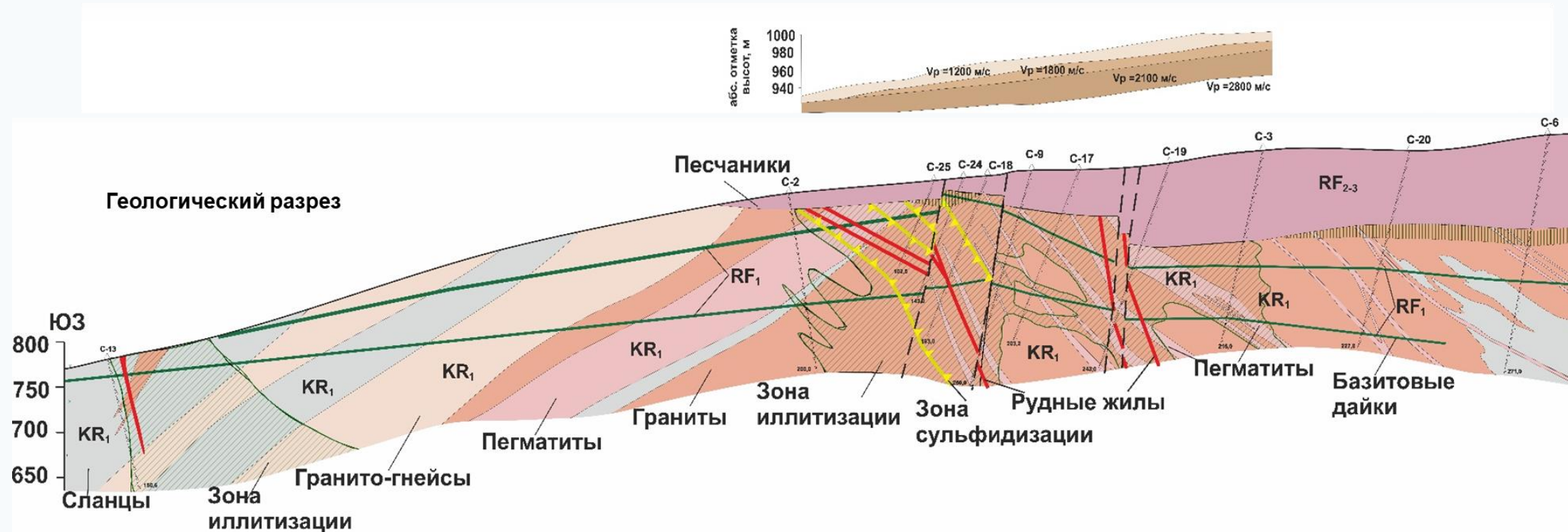


**Геологический и геоэлектрический разрезы по
профилю ОМР 42. Месторождение Тетрахское**



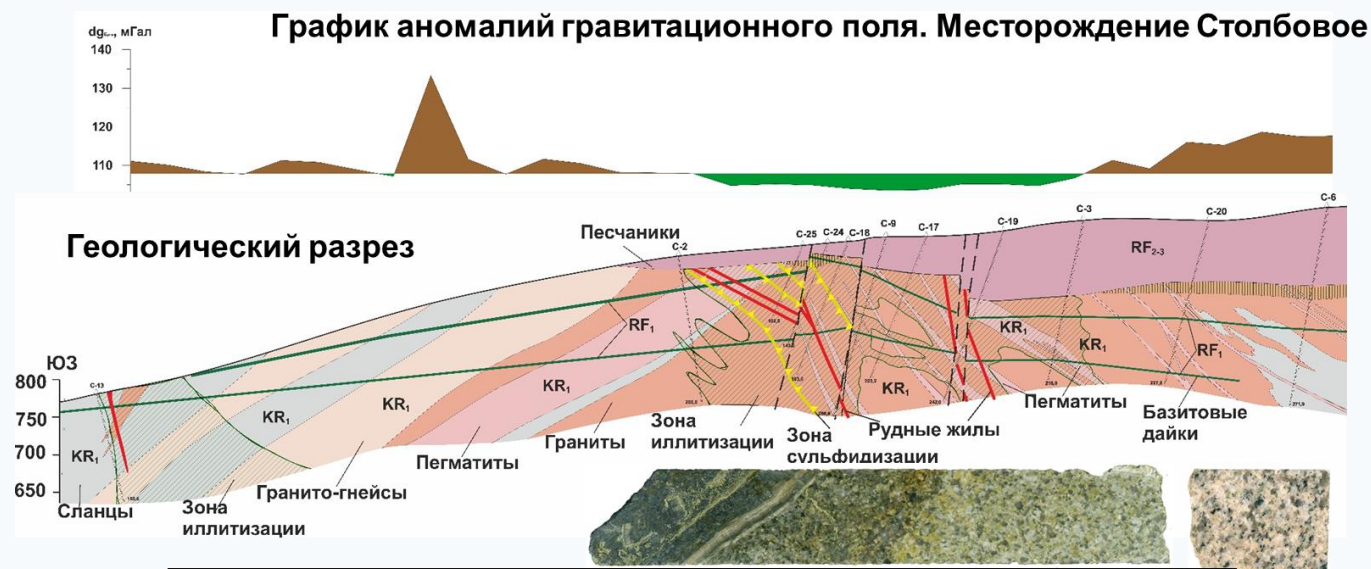
По результатам беспилотной электроразведки картируется граница фундамента. В породах чехла выделяются осадочные отложения и базальты

Интерпретационный разрез по данным сейсморазведки МОВ. Присяянье.
Месторождение Столбовое



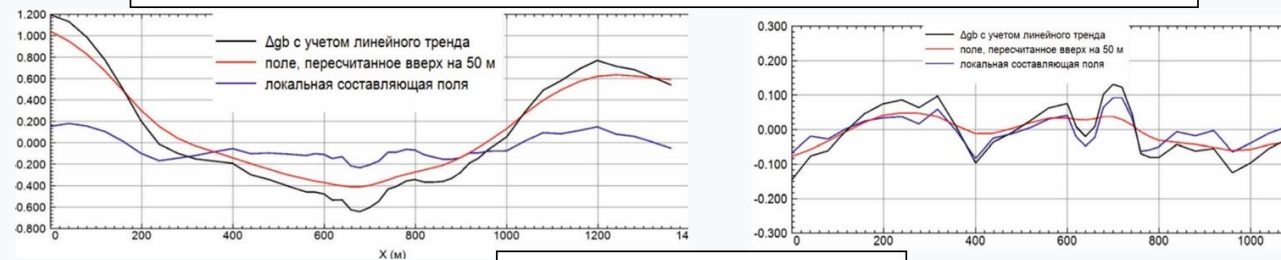
По данным сейсморазведочных работ откартирована граница осадочного чехла и кристаллического фундамента – зона ССН.

ПЛОЩАДНЫЕ ГРАВИРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ НАЦЕЛЕНЫ НА ВЫЯВЛЕНИЕ ЗОН МАКСИМАЛЬНОЙ ТЕКТОНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКОЙ ПРОРАБОТКИ



По данным высокоточной гравиразведки были выделены области развития околорудных тонкослюдистых изменений и амфиболитовых сланцев

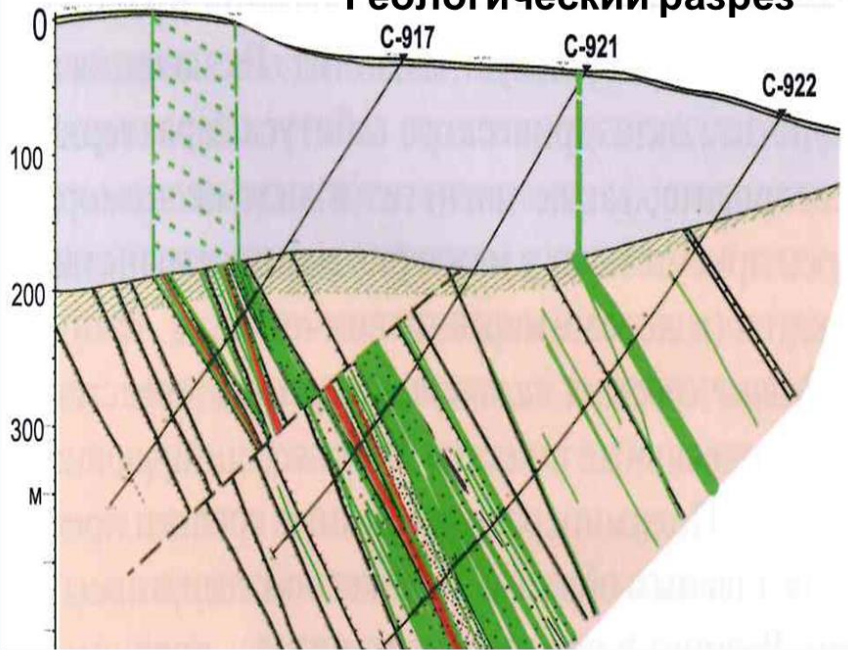
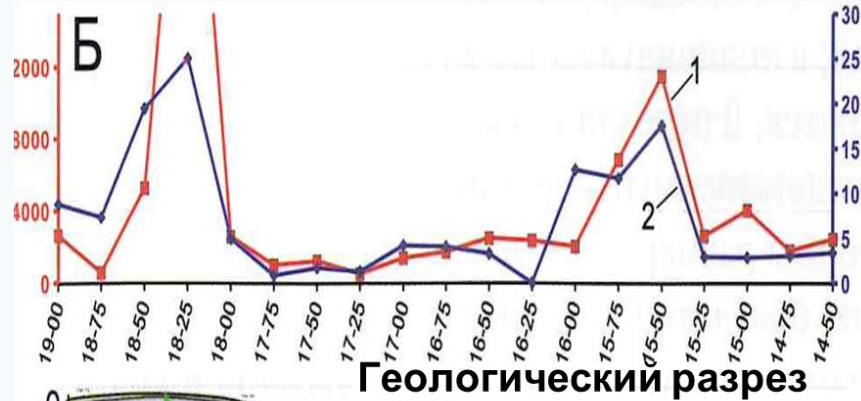
**График аномалий силы тяжести в редукции Буге.
Месторождения Юго-Западное и Южно-Широндукуйское**



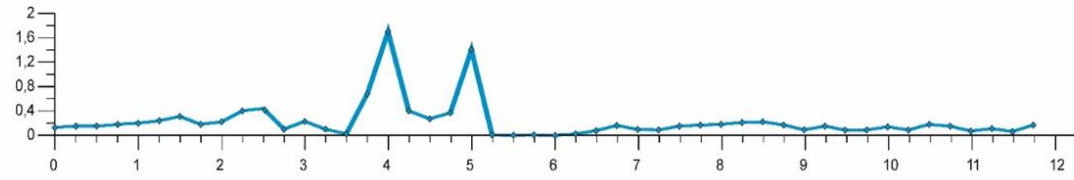
Также выделяются локальные отрицательные аномалии, отвечающие зонам аргиллизации со скрытыми рудными телами



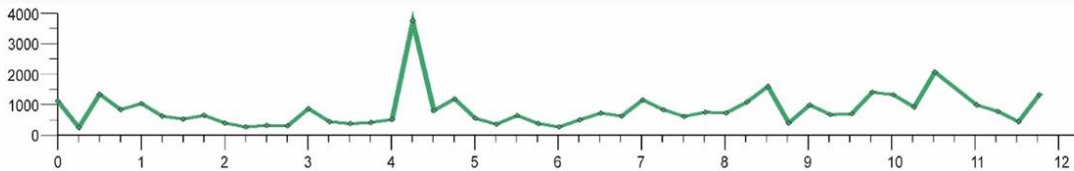
Значений удельной активности МП (1- ^{210}Po x ^{210}Pb и 2- ^{234}U , Бк/кг) (метод ИПМ)



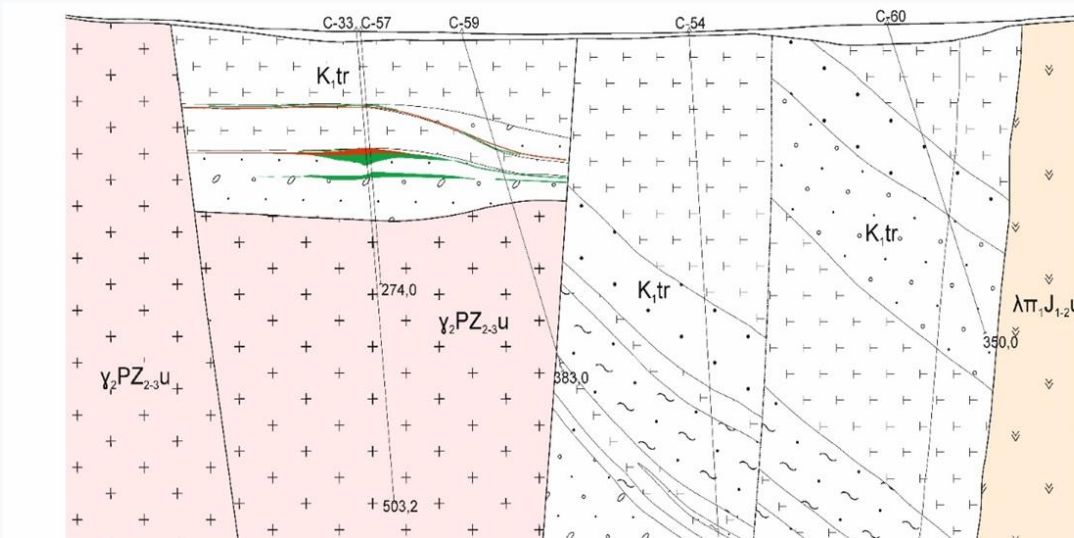
**Содержания U в почвенных
 вытяжках по методу КСО, мкг/г**



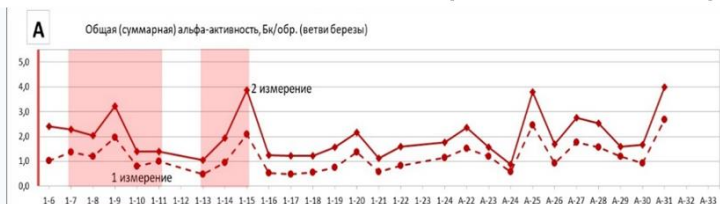
Значений УА МП Po-210 x Pb-210 , Бк/кг



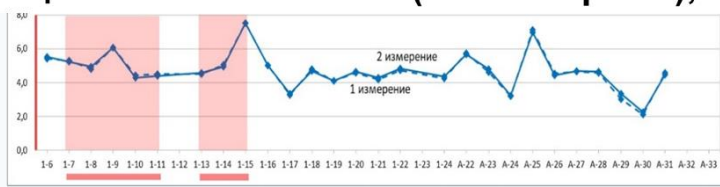
Геологический разрез



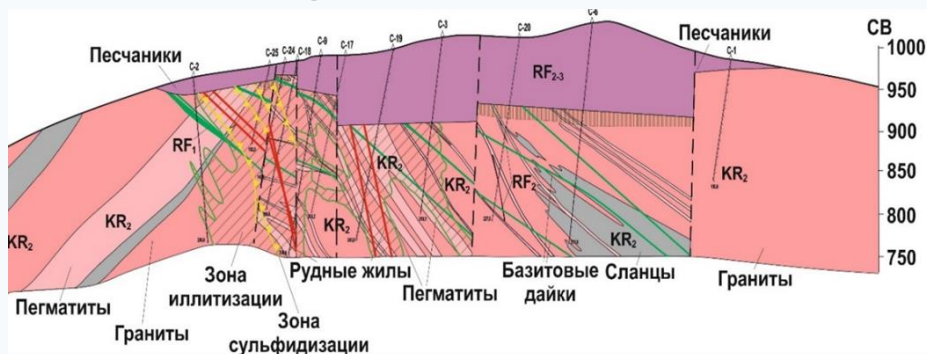
Общая альфа-активность (ветви березы), Бк



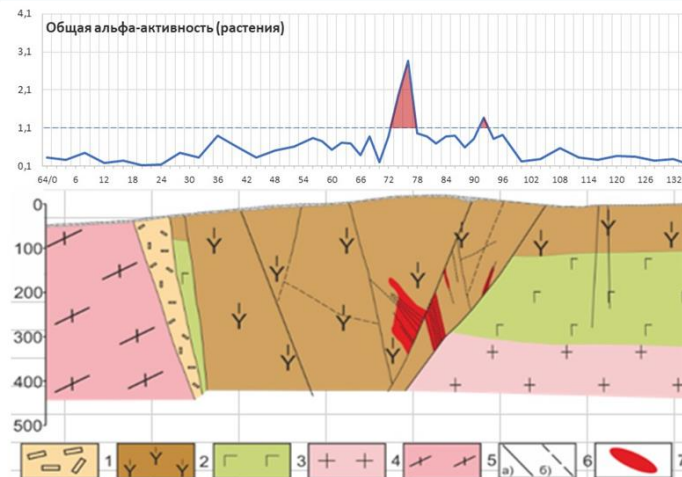
Общая бета-активность (ветви березы), Бк



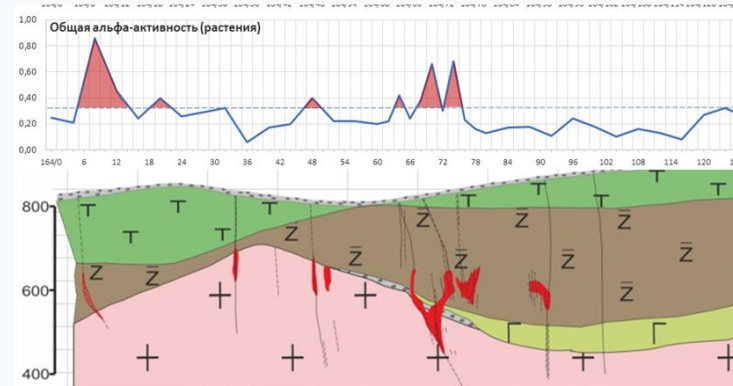
**Геологический разрез.
 Месторождение Столбовое**



Общая α-активность (корни мятлика лугового). Месторождение Юго-Западное

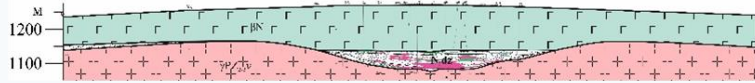


**Общая α-активность (корни лука слизуна).
 Месторождение Южно-Широндукуйское**



Биогеохимическим методом над скрытыми рудными телами фиксируются надфоновые содержания альфа и бета-активности.

Геологические разрезы. Месторождение Тетрахское



Удельная активность ^{210}Po и ^{210}Pb в почвенных вытяжках по методу ИПМ (МП УАРo-210x3и-210 , Бк/кг)



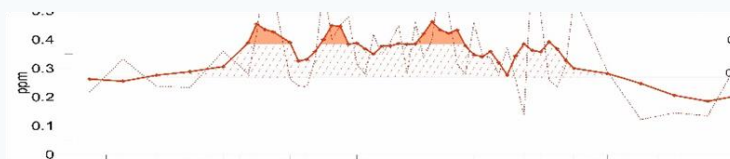
Интенсивные аномалии ^{210}Po и ^{210}Pb характерны для бортов рудной долины

Удельная активность U-238 и U-234 в почвенных вытяжках (МП $\text{УAU-234/УAU-238} \times \text{УAU-234}$, Бк/кг)



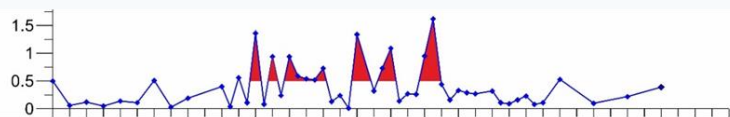
Повышенные значения уд. активности ^{234}U и ^{238}U - непосредственно над рудным телом

Содержание урана по методике КСО



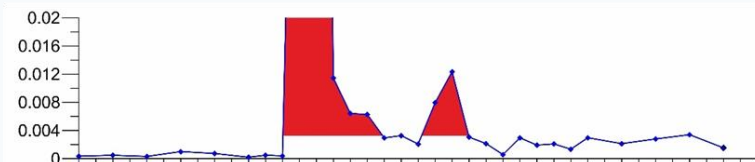
Аномалии урана, определенные по методике КСО, фиксируют ураноносные палеорусла

Суммарная альфа-активность в пробах коры лиственницы, Бк



По коре лиственницы фиксируются контрастные аномалии общей альфа-активности над рудной зоной

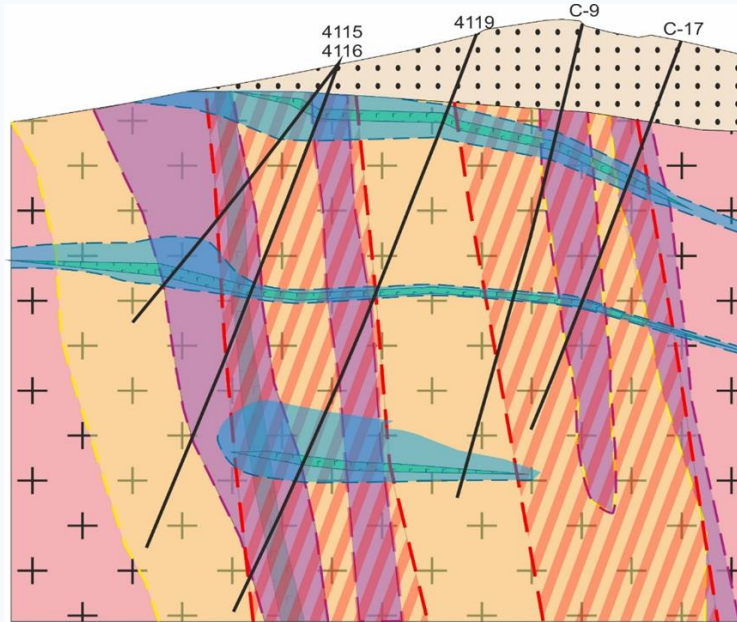
Содержание Ni , Mo , Rb , Mn , Li , B , Zr в почвенном воздухе (МП)



Установлены контрастные МП аномалии B , Li , Zr , Mo , Ni , Rb , Mn над рудной палеодолиной

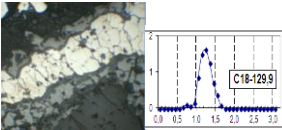
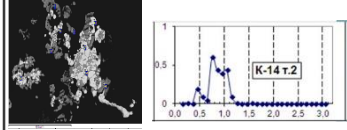
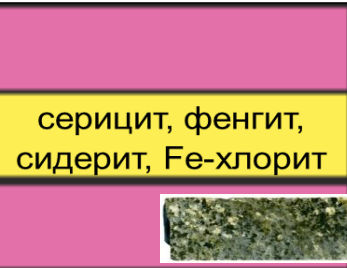

Применение геохимических методов позволит выявлять ураноносные палеодолины и тем самым существенно сократить объемы бурения

СХЕМА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ГОРНЫХ ПОРОД ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДОКУМЕНТАЦИИ КЕРНА СКВАЖИН С УЧЕТОМ ДАННЫХ ТОНКОЙ МИНЕРАЛОГИИ



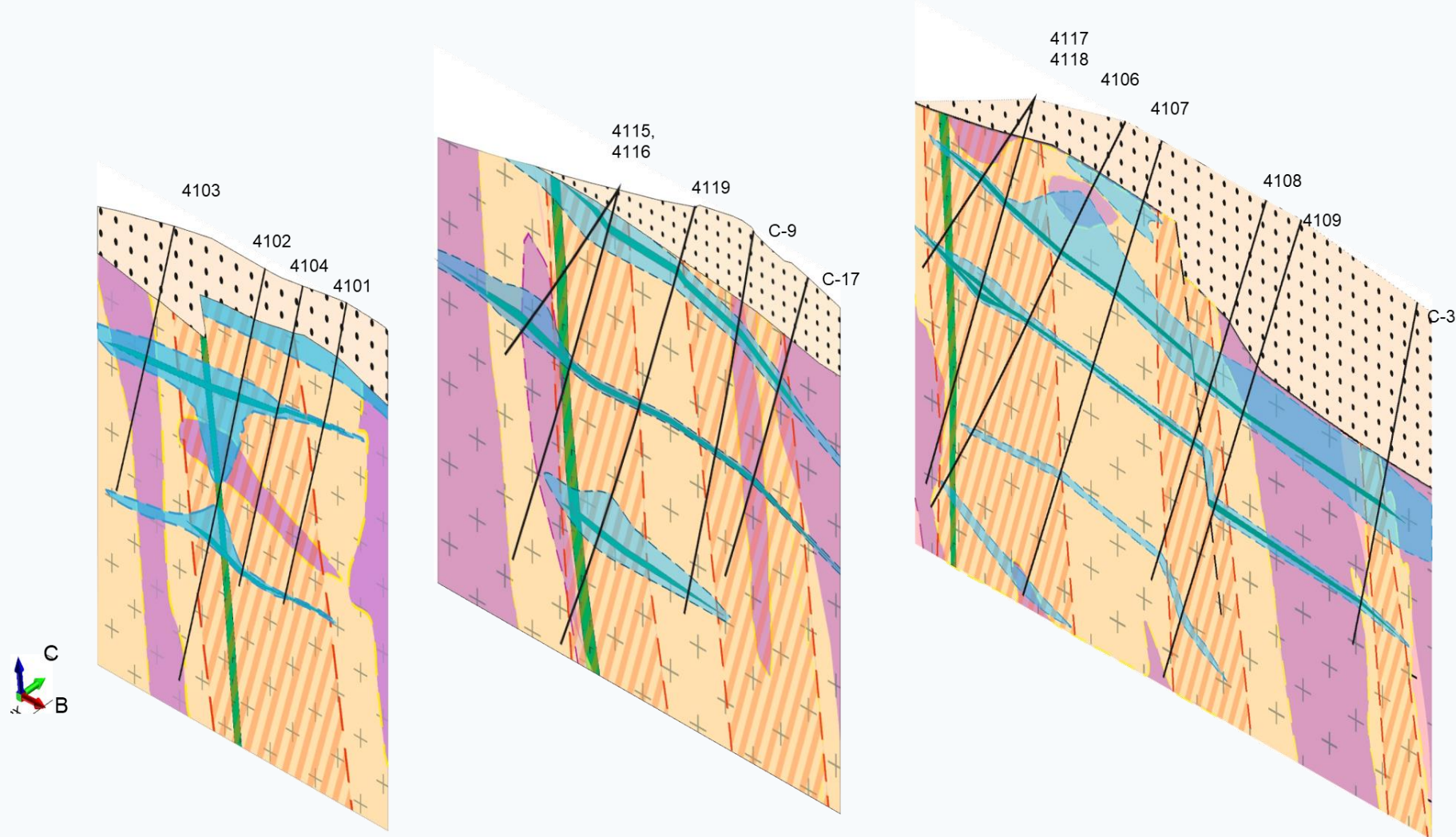
TerraSpec 4 Hi-Res

Документация керна скважин, в т.ч. с помощью ИК-спектроскопии, позволяет оперативно картировать тонкие глинисто-сланцевые минералы

	Раннерифейский (RF ₁)	Средне-позднерифейский (RF ₂₋₃)
Урановая минерализация и ее абсолютный возраст (млн. лет)	настуран (1350, 1313±23) 	коффинит (≈750) 
Околорудные минералы, диагностированные методом UV-VIS-NIR-спектроскопии	 	парагонит, парагонит-иллит, серицит-иллит, Mg-хлорит, высокожелезистый и Mn карбонат, кальцит
Околорудные минералы, диагностированные визуально и оптическими методами	халцедоновидный кварц, пирит, радиогенный галенит	марказит, халькопирит, галенит, сфалерит и флюорит
Синрудные интрузии и их абсолютный возраст (млн. лет)	дайки ангаульского комплекса (RF ₁ ?)	силы нерсинского комплекса (743±47, 758±4)

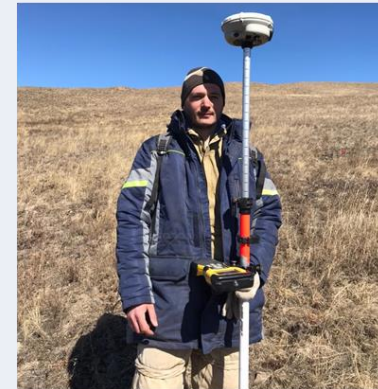
УТОЧНЕНИЕ ОБЪЕМНОЙ 3D-МОДЕЛИ ПЕРСПЕКТИВНОГО УЧАСТКА С ОТОБРАЖЕНИЕМ СКРЫТОГО УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ И РУДОКОНТРОЛИРУЮЩЕЙ ЗОНАЛЬНОСТИ

Объемная модель восточного фланга месторождения Столбовое



*По результатам проведенных работ осуществляется построение
объемной модели объекта ГРР*

1. Поиски сконцентрировать в пределах известных рудных и потенциально урановорудных районов и узлов, ориентируясь на выявление скрытых и слабопроявленных месторождений жильно-штокверкового типа в ВТС, «несогласия», а также песчаникового типа.
2. Разработать методические рекомендации по поиску скрытых месторождений урана жильно-штокверкового типа на основе опытно-методических разработок ВИМСа и других организаций (ИРННТУ, АО «Урангео» и др.) и предусмотреть разделение поискового этапа на 3 стадии:
 - прогнозно-аналитические работы, включающие сбор и анализ материалов и проведение ревизионных полевых исследований (2 года);
 - прогнозно-минерагенические работы, где ключевыми будут являться опережающая аэро- и беспилотная геофизика масштаба 1:10 000, а также геолого-геофизические и заверочные горно-буровые работы (3 года);
 - поисковые работы с площадной наземной геофизикой и геохимией в масштабе 1:10 000 и крупнее, с проходкой канав и скважин (3 года).
3. Планирование поисковых работ должно осуществляться по принципу решения задач по мере их возникновения.
4. Возобновить массовые поиски и обязать организации, занимающиеся ГРР, проводить радиометрические методы исследований.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!
