



22–23 апреля, 2025 г.
Шестой Международный симпозиум
«УРАН: ГЕОЛОГИЯ, РЕСУРСЫ, ПРОИЗВОДСТВО»



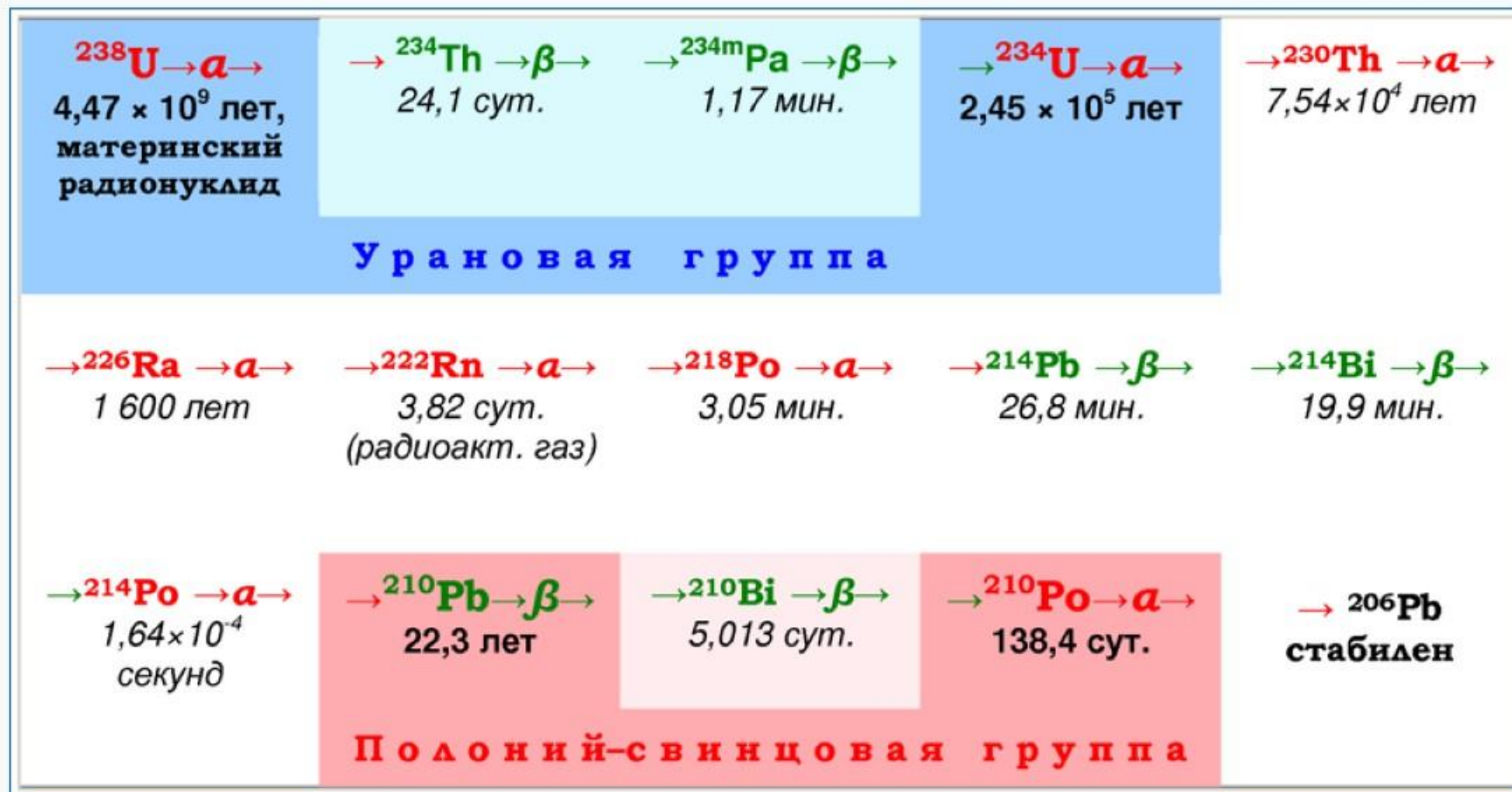
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИОИЗОТОПНЫХ МЕТОДОВ ПРИ ПОИСКАХ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ ПЕСЧАНИКОВОГО ТИПА

Печенкин И.Г., Бахур А.Е., Овсянникова Т.М., Зуев Д.М., Стародубов А.В., Гулынин А.В.
ФГБУ «ВИМС» им. Н.М. Федоровского», г. Москва

Москва – 2025

Изотопно-почвенный метод (ИПМ) – основан на опробовании представительного почвенного горизонта и анализе соотношений между Pb-210 и Po-210 в пределах участков с аномальными концентрациями этих радионуклидов.

Метод разработан в ВИМСе (Малышев В.И., Соколова З.А., Бахур А.Е. и др., 1980–1986 гг.) для повышения эффективности геологоразведочных работ при поисках урановых месторождений.



Владимиром Ильичом Малышевым разработаны теоретические основы формирования соотношений радионуклидов в урановорудных и ореольных зонах как методическая база оценки радиоактивных аномалий. Всестороннее изучение радиоактивных и радиогенных изотопов, их поведения и распределения в геологической среде позволило установить закономерности и создать основу многих изотопно-геохимических технологий.



Мазин
Владимир Макарович



Печенкин
Гертруд Алексеевич



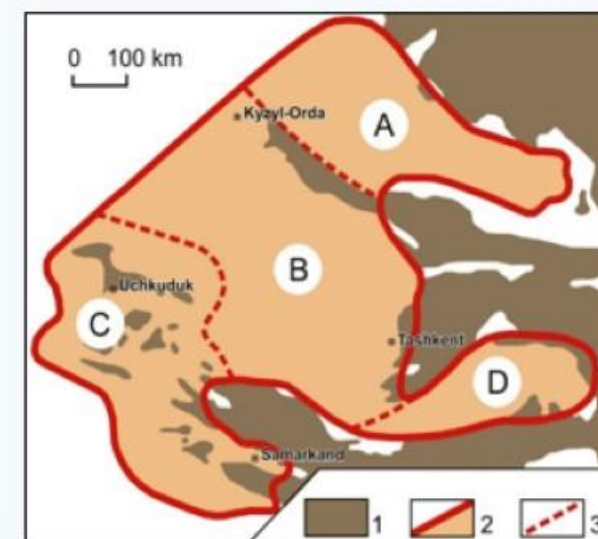
27.12.65г.
Кашфоров
Сергей Иванович
Радаевский
Печенкин
Гертуд Алексеевна
Башур
Сидорович
Васильев
А. Мазин

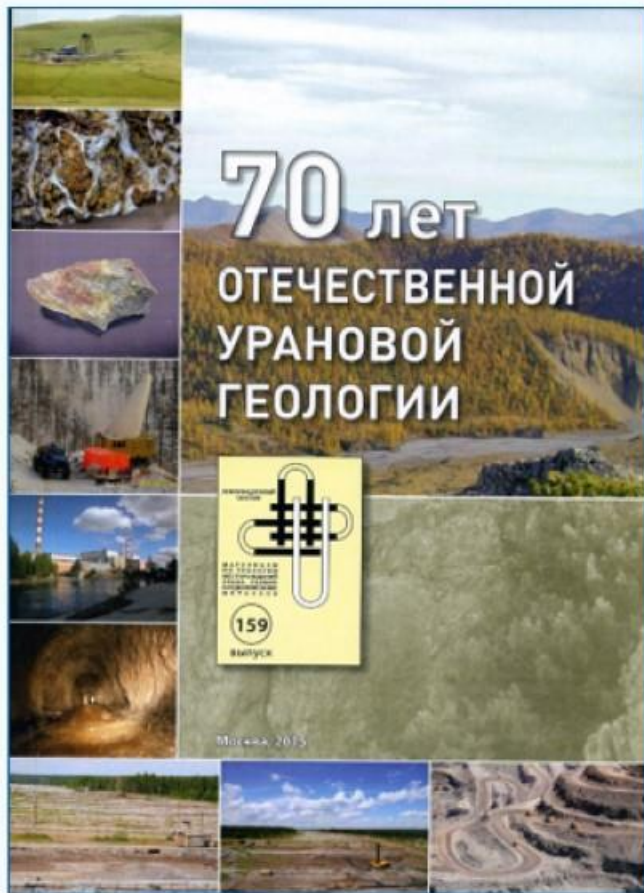


Шмариович
Евгений Михайлович



Головин
Евгений Анатольевич

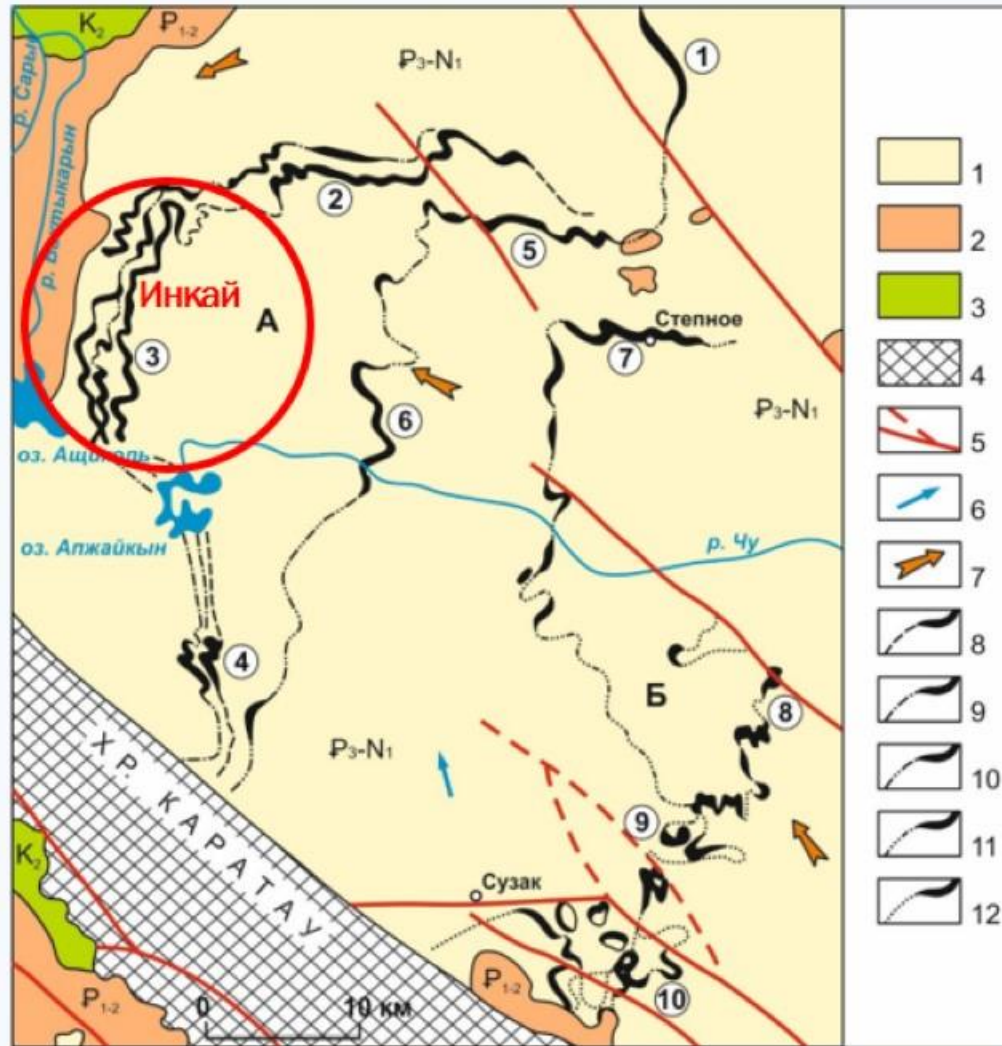




Технология ИПМ включает:

- профильное или площадное опробование представительного иллювиального горизонта «В» почвы в пределах участков, выделенных комплексом геолого-геофизических методов в качестве перспективных на уран;
- радиохимическую подготовку счетных образцов (извлечение в раствор, концентрирование и осаждение в радиохимически чистом виде);
- измерение удельных активностей (УА) ^{210}Po и ^{210}Pb (по ^{210}Bi), введение поправки на распад ^{210}Po , расчет мультипликативного параметра МП ($\text{МП} = \text{УА}^{210}\text{Po} \times \text{УА}^{210}\text{Pb}$) и изотопного параметра ИП ($\text{ИП} = \text{УА}^{210}\text{Po} / \text{УА}^{210}\text{Pb}$);
- выделение совмещенных аномалий МП и ИП, которые служат индикатором «слепой» урановой минерализации.

Принципиальным является выбор представительного почвенного горизонта, который на площади исследований должен иметь устойчивое развитие и выдержанность, высокие аккумулярующие свойства, достаточную мощность и исключать техногенное и природное атмосферное загрязнение изотопами полония и свинца.



- В 2009 г. Центральной опытно-методической Экспедицией (ЦОМЭ) АО «Волковгеология» и ЛИМА начаты совместные работы по изучению возможностей ИПМ на глубокозалегающих урановых объектах Южного Казахстана. Один из них – крупное месторождение Инкай, расположенное в пределах Чу-Сарысульской провинции.
- Месторождение Инкай находится в передовой части дуги региональных рудоконтролирующих фронтов пластового окисления в проницаемых горизонтах верхнего мела и характеризуется протяженными рудоносными зонами и многоярусным оруденением.
- Использование ИПМ на участке Инкай-4 обуславливалось рядом благоприятных условий: высоким гидростатическим напором подземных вод над кровлей, неглубоким залеганием пьезометрического уровня (до 40 – 50 м), высокой проницаемостью и значительной мощностью продуктивных горизонтов и др.
- Негативным фактором для ИПМ и других наземных методов являлась глубина залегания руд (≥ 500 м).

КОМПЛЕКСНЫЕ РАДИОИЗОТОПНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА 4 УЧАСТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ИНКАЙ»

Схема распределения значений
мультипликативного параметра МП ($^{210}\text{Po} \times ^{210}\text{Pb}$)

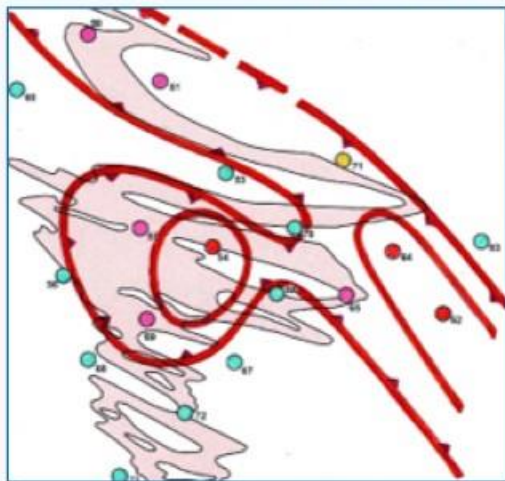


Схема распределения значений
мультипликативного параметра МП ($^{234}\text{U}_{\text{вщ}} \times \gamma_{\text{вщ}}$)

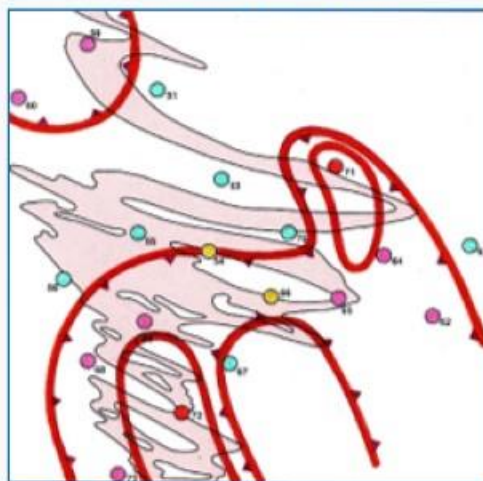
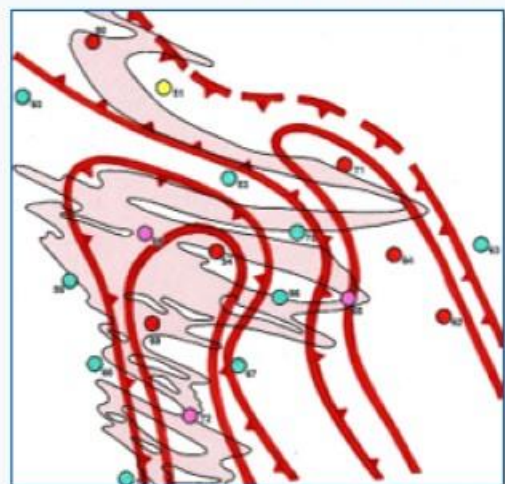
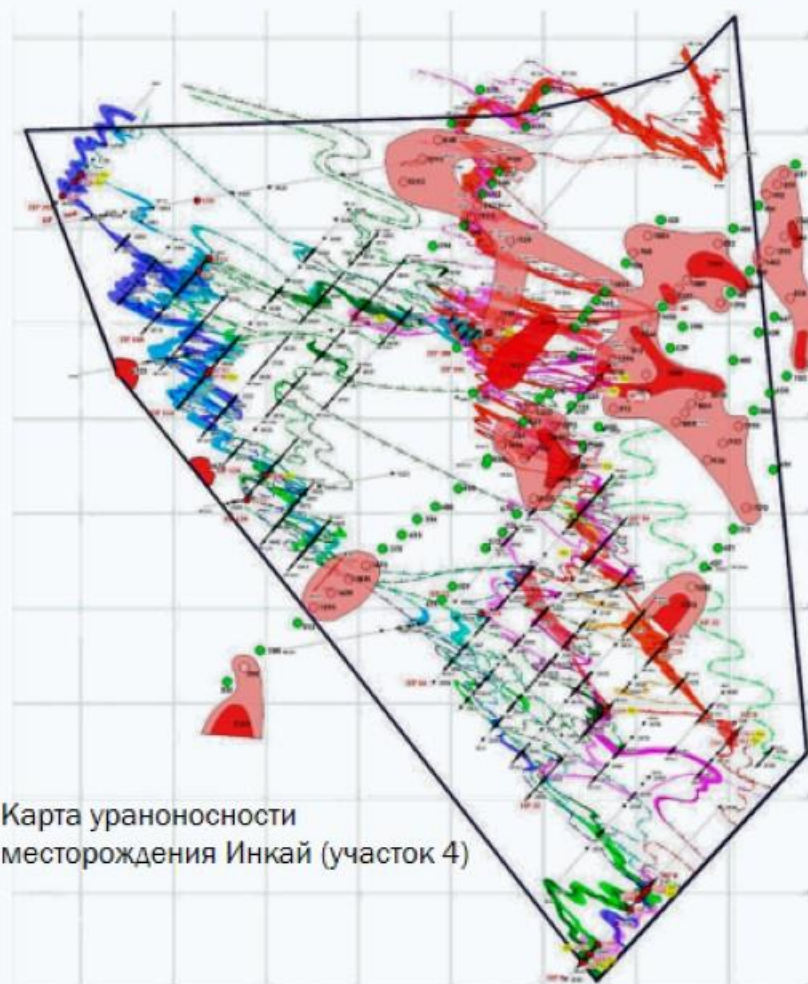


Схема распределения значений
комплексного изотопного параметра (КИП)



Условные обозначения

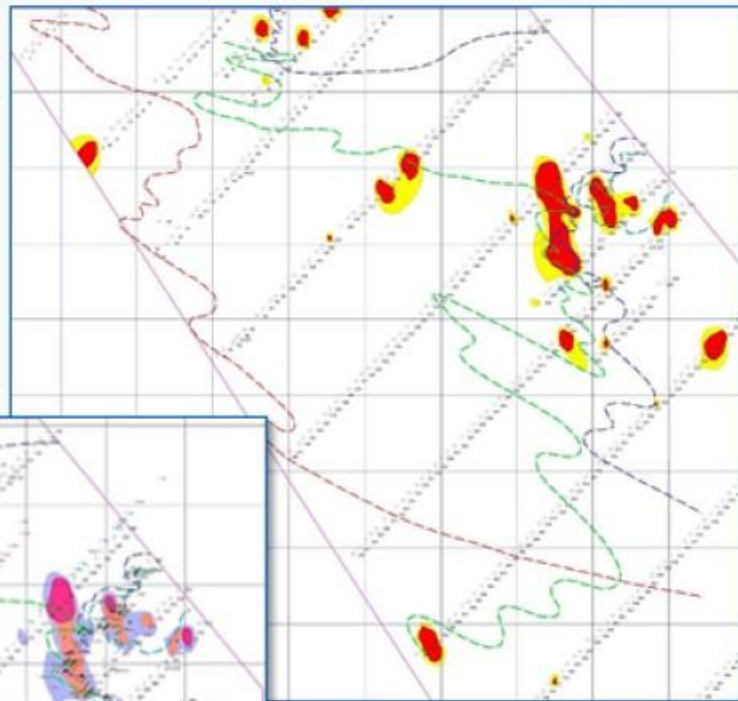
-  - шурф отбора и его номер
-  - контур проекции рудных тел
-  - фоновые значения
-  - повышенные значения
-  - аномальные значения
-  - изолинии аномальных ореолов



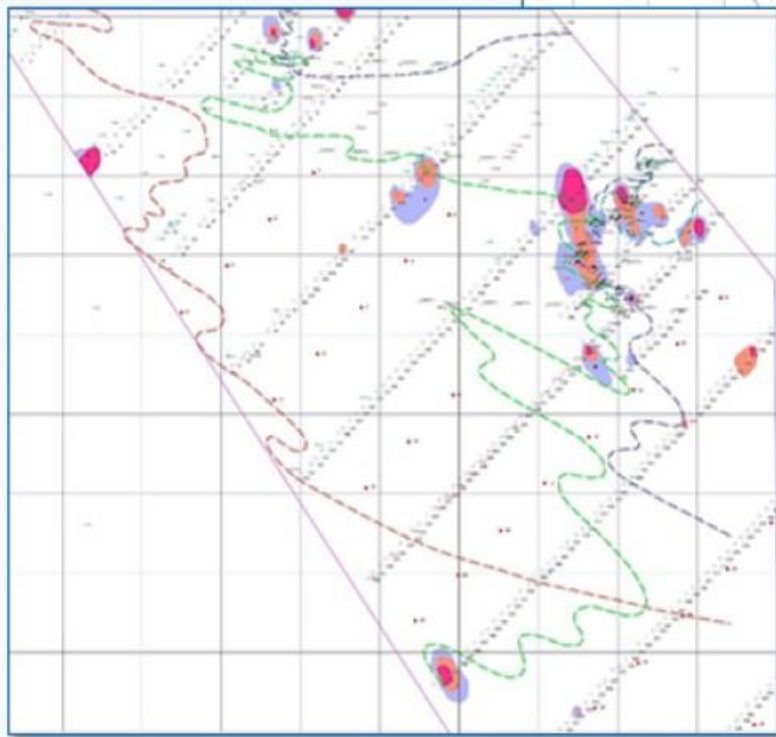
Карта ураноносности
месторождения Инкай (участок 4)

Анализ положения изотопных аномалий в южной части участка Инкай-4 по отношению к проекциям ранее вскрытых рудных залежей показал, что изотопно-почвенные аномалии (особенно по аномальному ореолу значения КИП) на поверхности соответствуют находящимся на глубине кондиционным рудам.

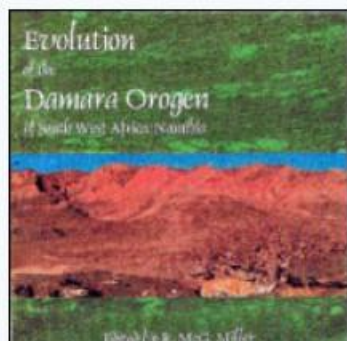
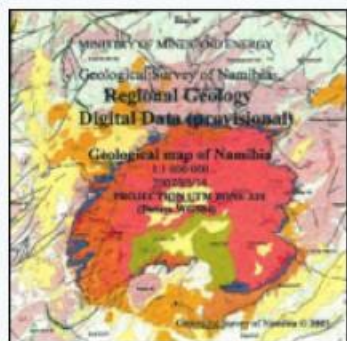
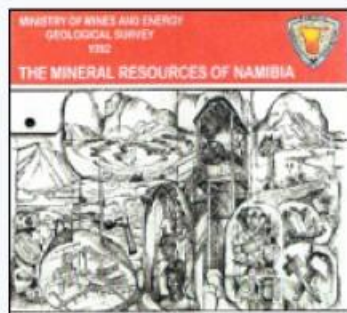
Карта распределения значений
комплексного изотопного
параметра (КИП)



Карта комплексных ореолов и
перспективных участков



- Изотопно-почвенный метод стал эффективным методом поисков месторождений урана инфильтрационного генезиса в платформенных отложениях.
- Он включен в комплекс поисковых работ АО «Волковгеология» как опережающий поверхностный способ выявления по ореолам рассеяния глубоко залегающих рудных тел (до 800–1000 м).
- В результате выполненных ФГУП «ВИМС» (ЛИМА) совместно с АО «Волковгеология» радиоизотопных исследований, включающих изучение значительного набора радиоизотопных отношений радиоактивных элементов, появляется необходимость определенной корректировки и уточнения методики и состава радиологических исследований.
- В том числе при определении радиологической зональности рудных залежей и ее влияния на геотехнологию добычи способом ПВ.



ПЕСЧАНИКОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НАМИБИИ – МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

В настоящее время минерально-сырьевая база Намибии представлена двумя типами оруденения (по классификации МАГАТЭ): интрузивным (Россинг, Валенсиа и др.) и поверхностным (Лангер Хенрик и др.). Первые локализуются в гранитах и сyenитах, вторые в осадочной толще и приурочены к близкe поверхностным калкxретам.

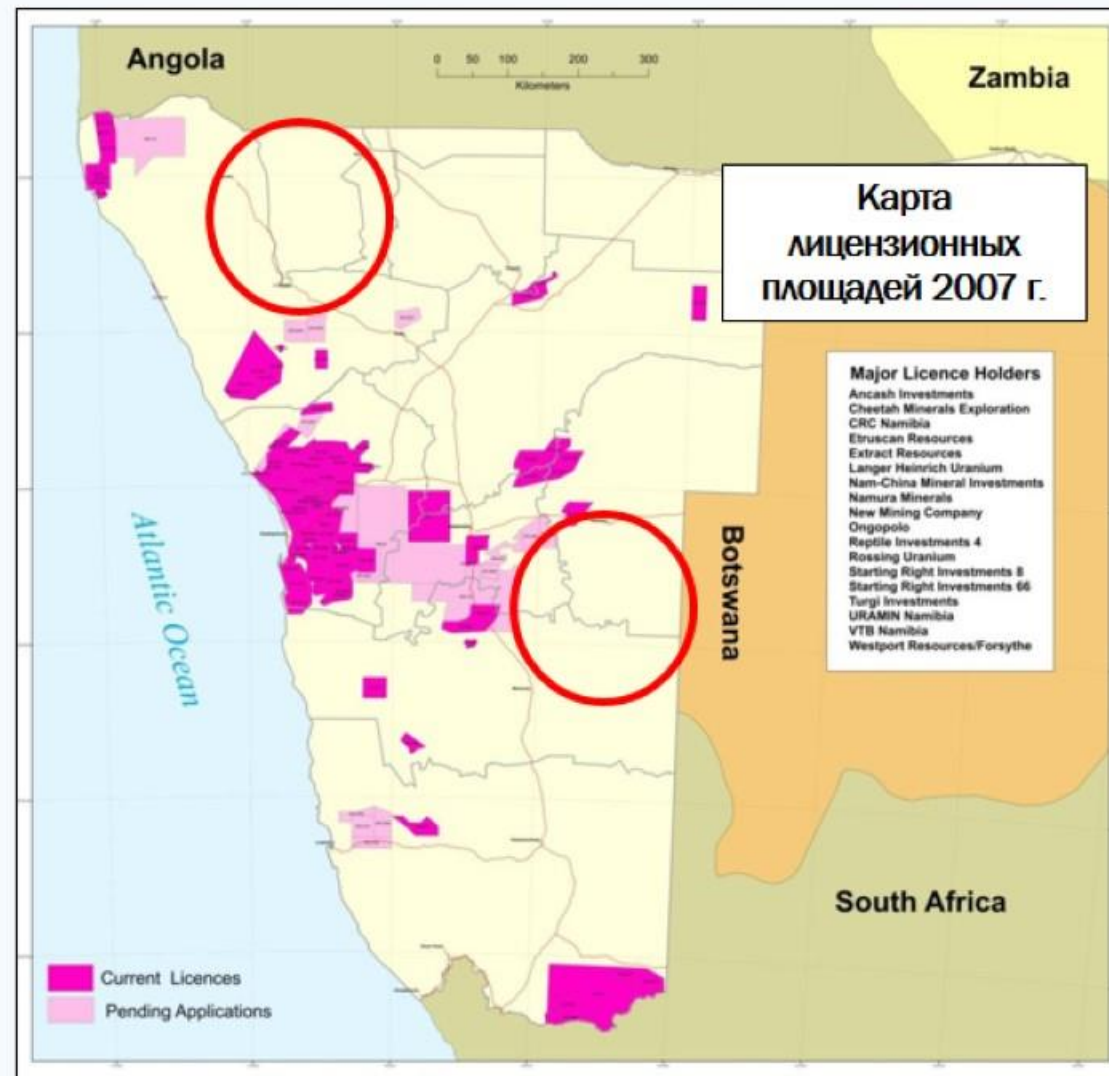
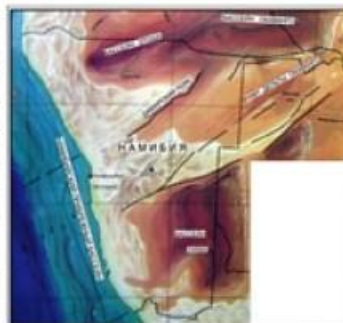
Полувекое изучение ураноносности территории проводилось по следующей методике. Аэрогазe-спектрометрической съемкой выявлялись радиоактивные аномалии урановой природы. Затем осуществлялась их наземная проверка с проходкой горных выработок (шурфы, канавы) и бурением скважин. Это позволило выявить и оценить урановое оруденение в пределах Дамарского складчатого пояса и его обрамления, где были выделены основные перспективные площади. Большая их часть в настоящее время лицензирована. Предлагаемые недропользователям для освоения участки, как правило, расположены в местах, перспективны которых не очень высоки. В их пределах возможно открытие объектов с запасами урана в 1-2 тыс. т.

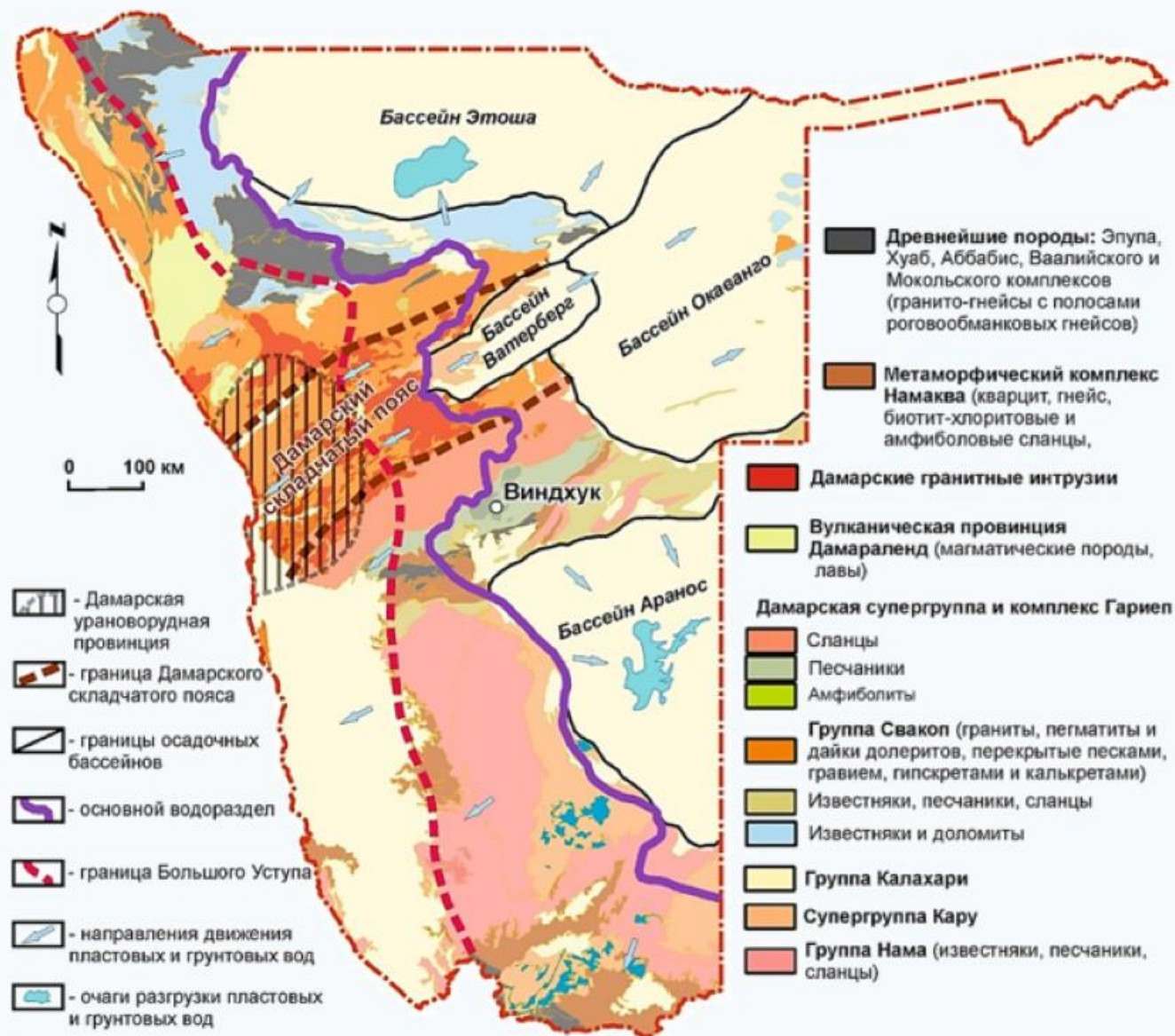
Проведенный анализ показывает, что перспективы региона далеко не исчерпаны. Они могут быть связаны с выявлением «слепого», не имеющего выхода на дневную поверхность оруденения песчаникового типа. Такие месторождения локализуются в осадочных толщах и обрабатываются наиболее рентабельным способом подземного выщелачивания (ПВ).

Основной водораздел территории обусловлен двумя направлениями движения вод. Западное – в сторону океана со сносом обломочного материала в его пределы и формированием на суше многочисленных впадин в фундаменте, выполненных калкxретами, и восточное, которое привело к накоплению мощных осадочных толщ.

В регионе сформировались два крупных осадочных бассейна, сложенных континентальными образованиями. Это бассейн Нама (на юго-востоке) и Этоша в западной части впадины Окаванго (рис.).

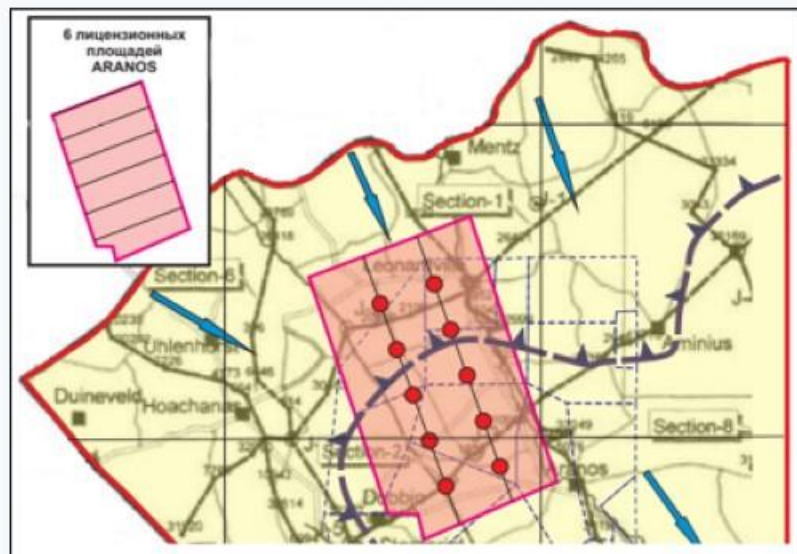
В их пределах возможно развитие зон пластового оокисления, к выщелачиванию которых возможно приурочены урановые руды. Этому мог способствовать активный гидро-





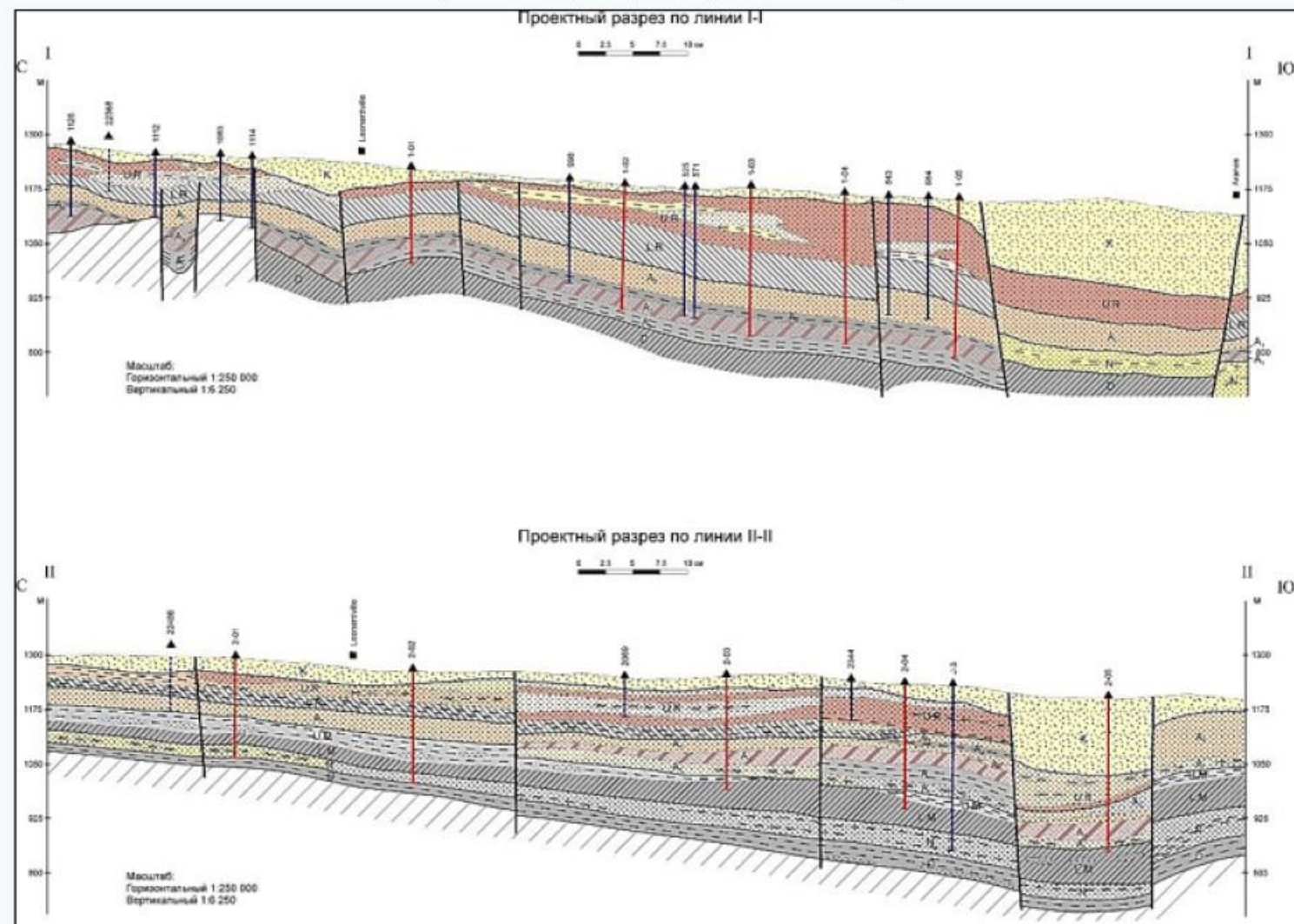


Лицензионные площади (2010 г.) и проектные скважины 2011 г.

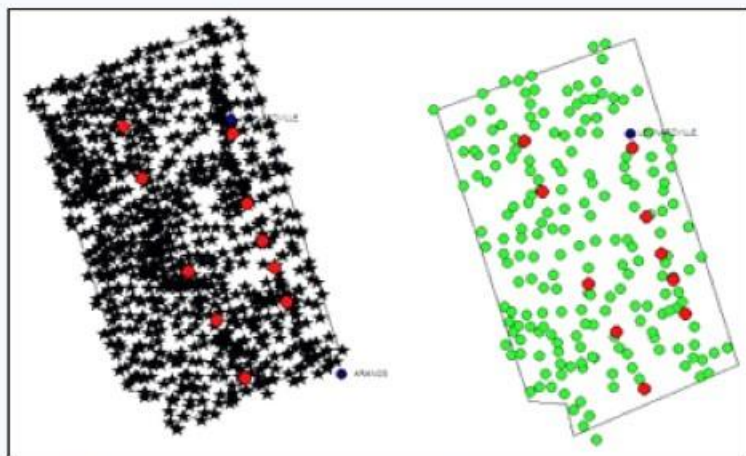


Площадь района работ – 6 000 км²

Проектные разрезы (ВИМС, 2011)



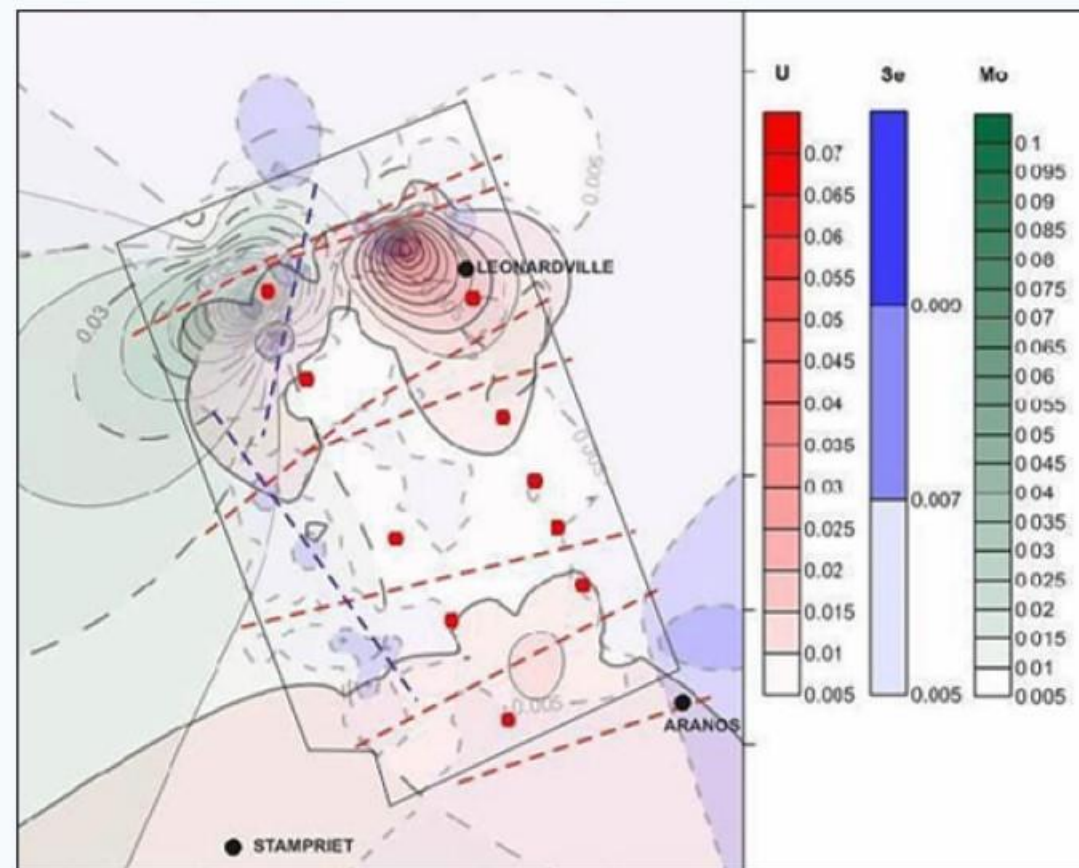
- Выполнено гидрогеохимическое опробование на площади 6 тыс. км².
- В результате локализованы две U-Se-Mo аномалии в северной части лицензионной площади и одна чисто урановая – на юге, в районе г. Аранос.
- На основании данных гидрогеохимического опробования было уточнено расположение проектных скважин.
- Гидрогеохимическое опробование подтвердило развитие на территории уранового инфильтрационного оруденения.



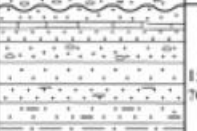
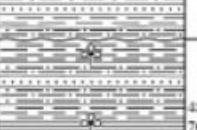
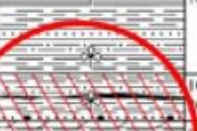
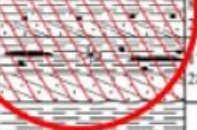
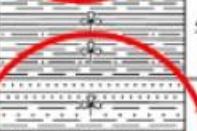
Водопункты

Места отбора проб

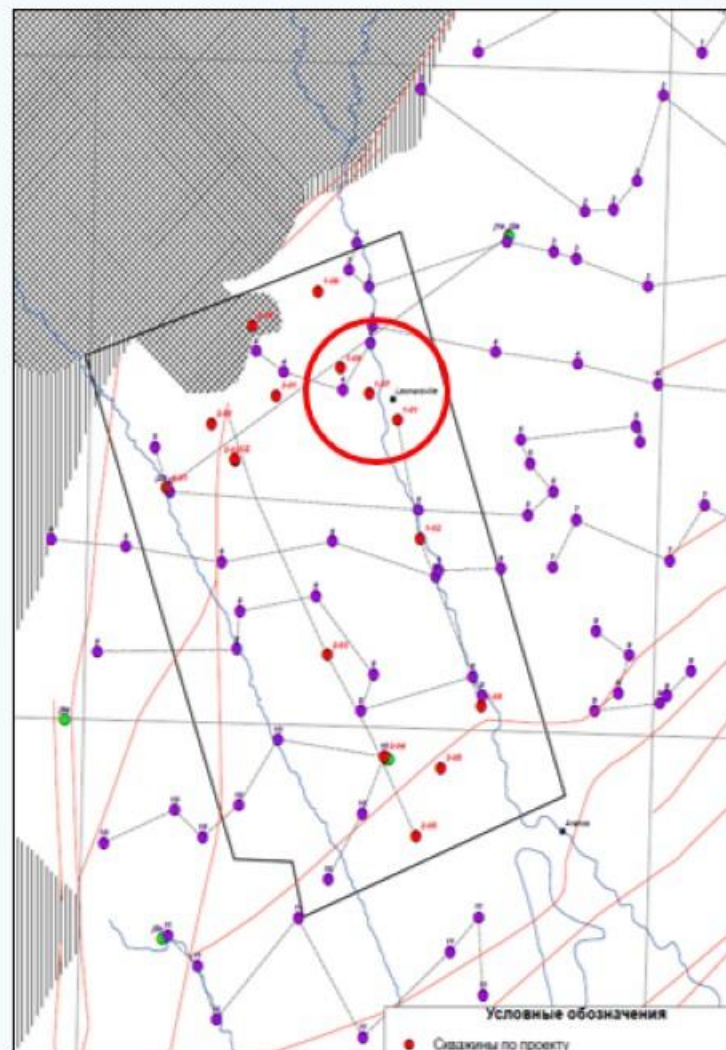
Карта гидрогеохимических аномалий:
U, Se, Mo



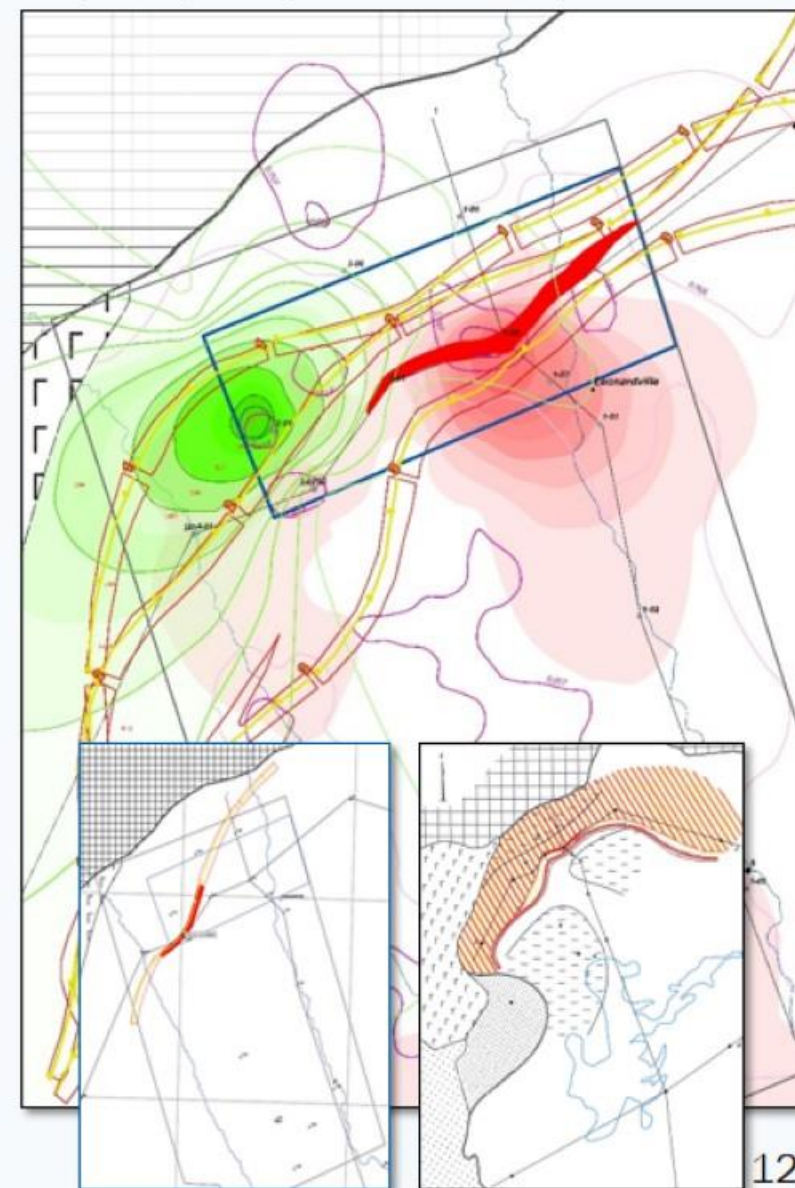
Перспективные горизонты

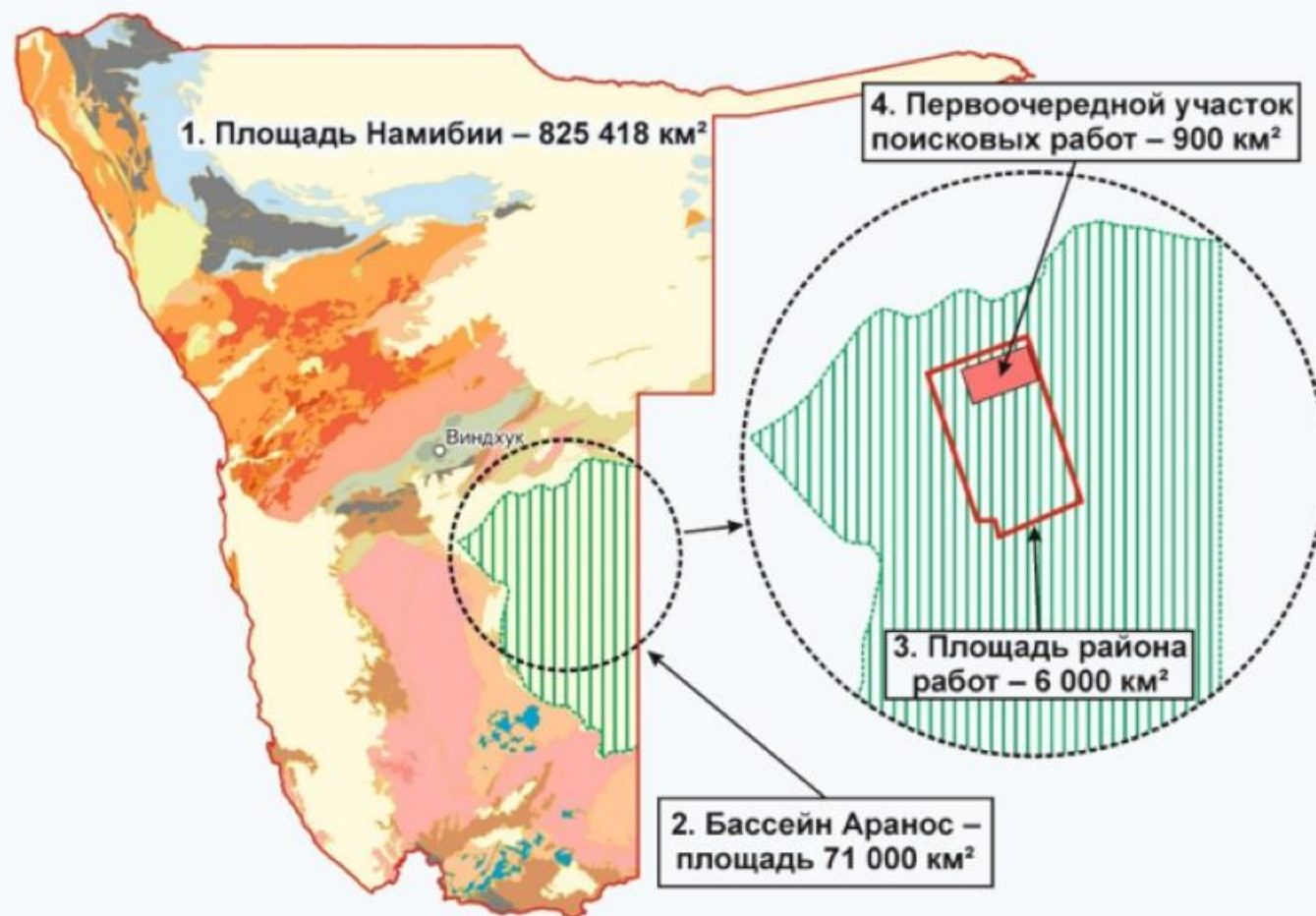
ЭПОХА	СИСТЕМА	ОТДЕЛ	ГРУППА	ФОРМАЦИЯ	ИНДЕКС	СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ КОЛОНКА	МОЩНОСТЬ, м
ПРОЕКТ РОЗМ	КАЛЮЗЬСКАЯ ЧЕТВЕРТИЧНАЯ	ПЕРМСКИЙ ЖИЗНИЙ	ЕССА	Kalahari	K		5-150
							15-70
							48-70
							10-20
							7-28
							50
							23-25
							25
ПРОЕКТ РОЗМ	КАЛЮЗЬСКАЯ ЧЕТВЕРТИЧНАЯ	ПЕРМСКИЙ ЖИЗНИЙ	ЕССА	Reitmond	R ₂		15-70
							48-70
							10-20
							7-28
							50
							23-25
							25
ПРОЕКТ РОЗМ	КАЛЮЗЬСКАЯ ЧЕТВЕРТИЧНАЯ	ПЕРМСКИЙ ЖИЗНИЙ	ЕССА	Reitmond	R ₁		15-70
							48-70
							10-20
							7-28
							50
							23-25
							25
ПРОЕКТ РОЗМ	КАЛЮЗЬСКАЯ ЧЕТВЕРТИЧНАЯ	ПЕРМСКИЙ ЖИЗНИЙ	ЕССА	Auob	A ₂		10-20
							7-28
							50
							23-25
							25
ПРОЕКТ РОЗМ	КАЛЮЗЬСКАЯ ЧЕТВЕРТИЧНАЯ	ПЕРМСКИЙ ЖИЗНИЙ	ЕССА	Mikrob	M ₂		10-20
							7-28
							50
							23-25
							25
ПРОЕКТ РОЗМ	КАЛЮЗЬСКАЯ ЧЕТВЕРТИЧНАЯ	ПЕРМСКИЙ ЖИЗНИЙ	ЕССА	Nosab	D		10-20
							7-28
							50
							23-25
							25

Первая скважина – наличие ЗПО
Вторая – рудное пересечение 0,1 % U_3O_8



Первоочередной участок поисковых работ – 900 км²





- Первый этап прогнозно-геологических работ (региональный – 1:1 000 000) – 825 615 км²
- Второй этап прогнозно-геологических работ (крупномасштабный – 1:200 000) – 71 000 км²
- Первый этап поисковых работ (1:100 000) – 6 000 км²
- Второй этап поисковых работ (1:50 000) – 900 км²

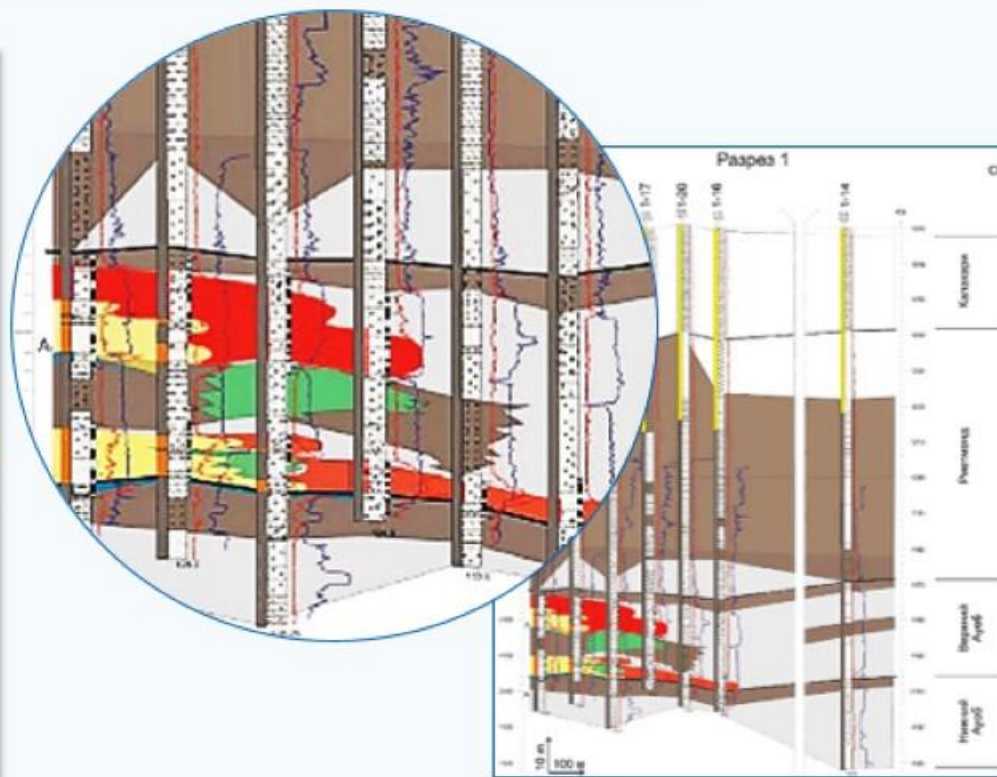
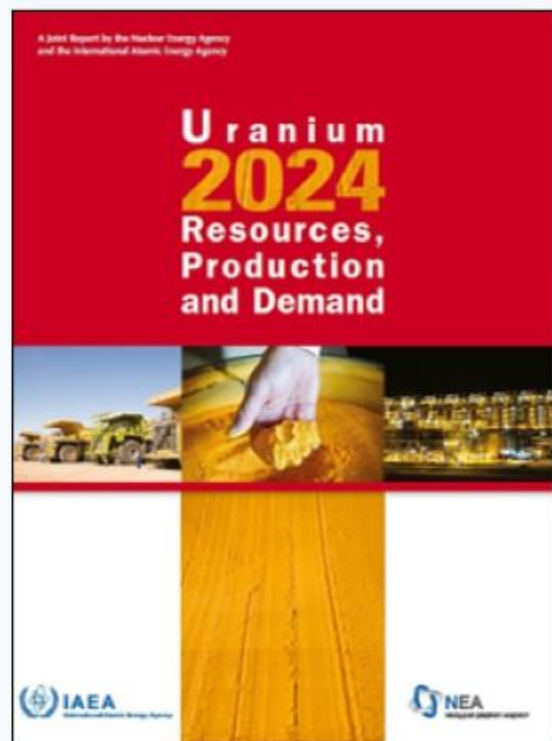
В 2013 г. работы приостановлены из-за моратория на добычу урана в Намибии и возобновились в 2019 г. после его отмены.



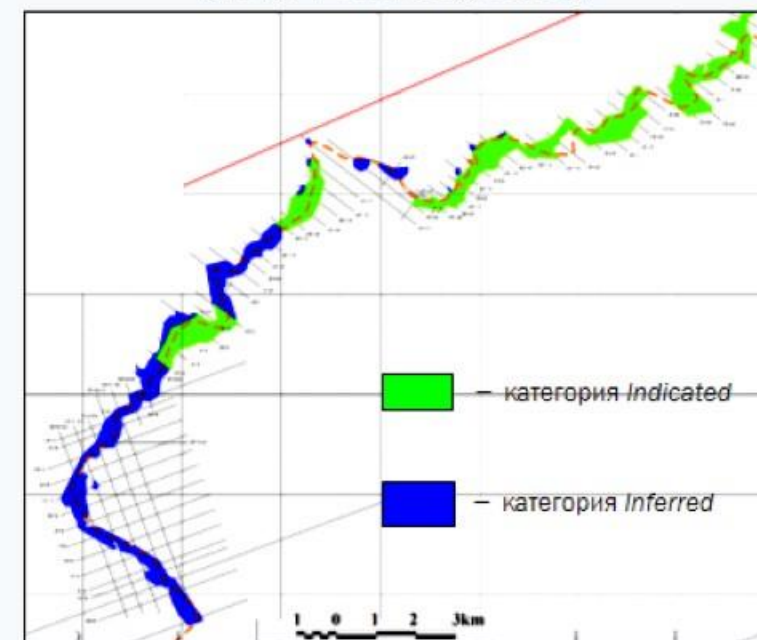
Карта распределения радиоизотопных параметров



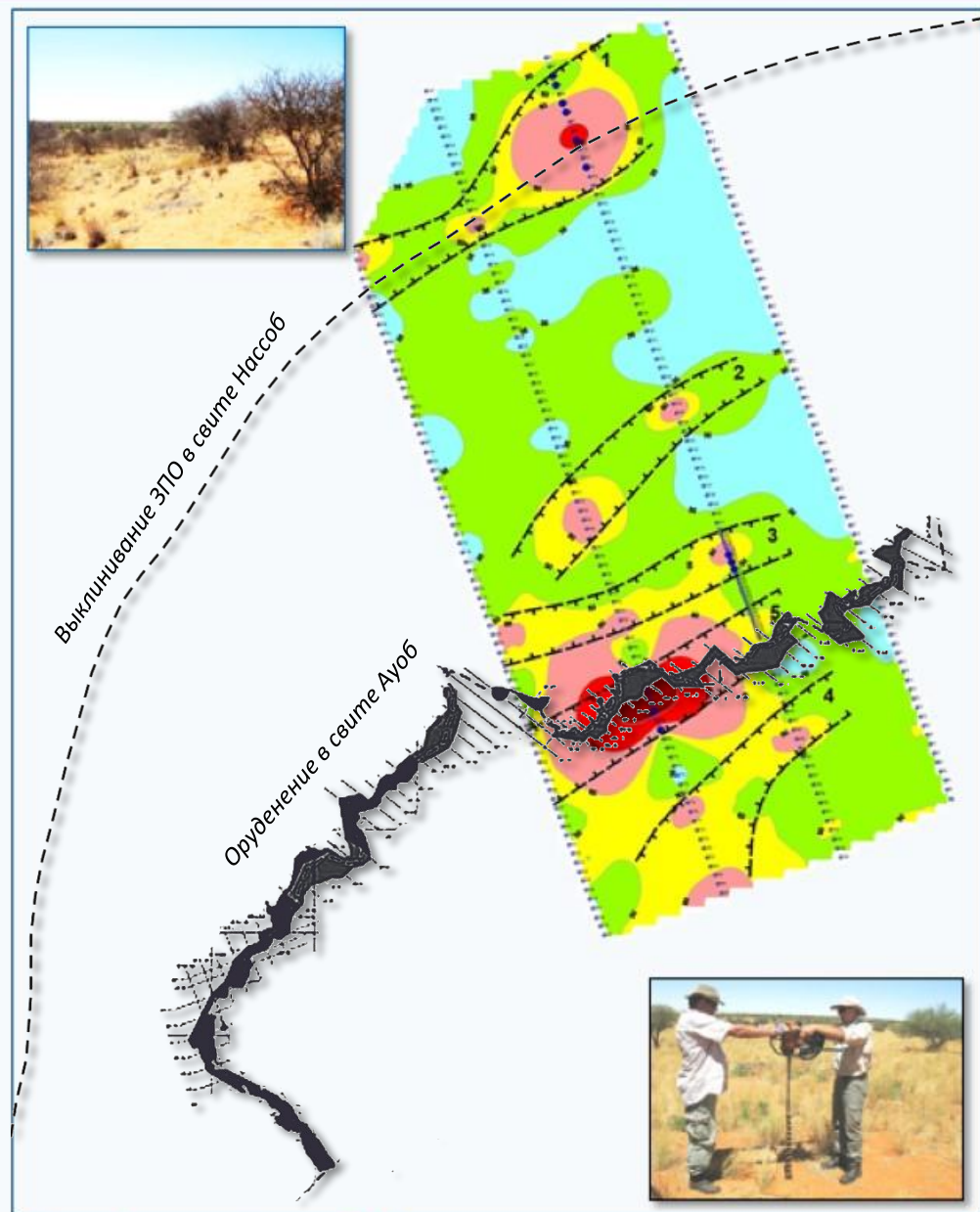
- В почвенных горизонтах исследуемой площади выявлен ряд комплексных радиоизотопных аномалий разной интенсивности.
- С точки зрения максимальной проявленности и областей концентрирования разных радиоизотопных параметров [МП ($^{210}\text{Po} \times ^{210}\text{Pb}$) и $^{234}\text{U}_{\text{вщ}}$] – признаков глубокозалегающего уранового оруденения – наибольший интерес представляют аномальные зоны №№ 1, 2 и 3
- Полученные результаты могут свидетельствовать о наличии на глубине рудных тел субширотного простирания.



План распределения ресурсов месторождения Wings
(по А.В. Бойцову, 2023)



- По данным «Red book» 2020, 2022 и 2024 гг. на юго-востоке Намибии работами Headspring (дочерняя компания Uranium One) в течение 2016–2017 гг. проведены наземные геофизические и геохимические исследования, которые завершились изучением керна с урановой минерализацией в 2018 г.
- В 2019 г. началось планомерное поисковое и разведочное бурение. Только с 2019 по 2021 год пройдено 504 скважины колонкового бурения. Эти работы позволили выявить значительные ресурсы урана, которые подтверждены сертификатом JORC.
- Общая ресурсная база *in situ* составляет 41 513 тонн, что эквивалентно 33 210 тоннам извлекаемых ресурсов («Red book» 2024).
- Wings – первый объект песчаникового типа в Намибии с возможной отработкой руд способом СПВ.



Лаборатории изотопных методов анализа (ЛИМА), 2017



Второй этап работ – лабораторные исследования проб грунтов



22–23 апреля, 2025 г.
Шестой Международный симпозиум
«УРАН: ГЕОЛОГИЯ, РЕСУРСЫ, ПРОИЗВОДСТВО»

Новых открытий

