



«80-летие становления отечественной урановой геологии»

23 мая 2023 г. Москва, ФГБУ «ВИМС»

Методология и результаты регионального прогноза крупных гидрогенных урановых месторождений в малоизученных регионах

Печенкин Игорь Гертрудович

Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н. М. Федоровского (ВИМС)

Первый уран Намибии

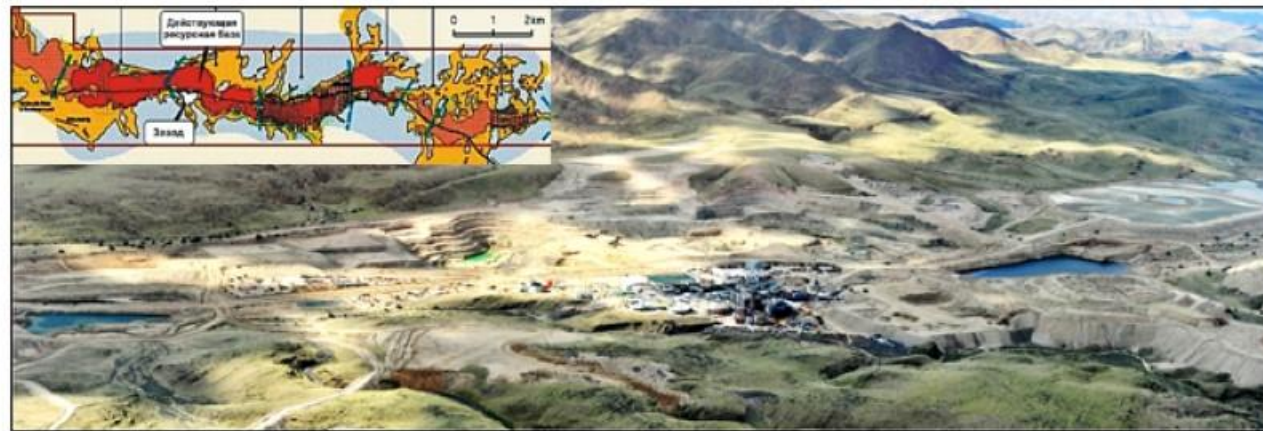
- В Намибии уран впервые был обнаружен в пустыне Намиб вблизи горы Россинг в 1928 г.
- Только в конце 1950-х гг. когда в мире начались интенсивные поиски урановых руд к Россингу был проявлен интерес.
- В ходе ранних разведочных работ (1973) обнаружили 2 новых объекта *Trekopje* и *Langer Heinrich*, связанных с калькретами.
- Более 40 лет уран производился на единственном руднике Россинг с самыми бедными в мире рудами в аляскитах (менее 0,04 %).
- В Намибии впервые в мире началось промышленное освоение приповерхностных месторождений в калькретах.
- Поэтому эти два геолого-промышленных типа стали путеводной звездой при прогнозе и поисках новых урановых объектов.



Месторождение Rossing. Современный карьер



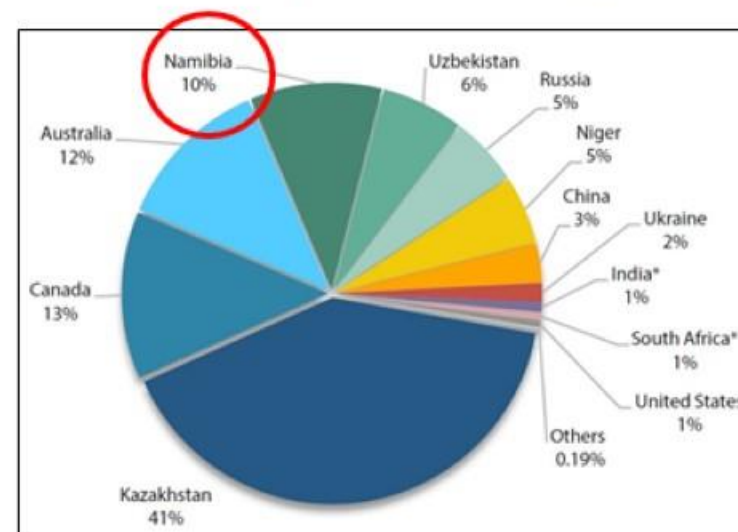
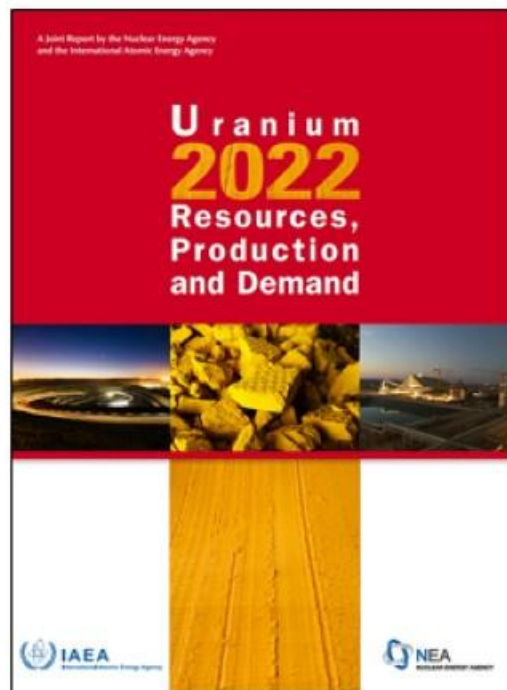
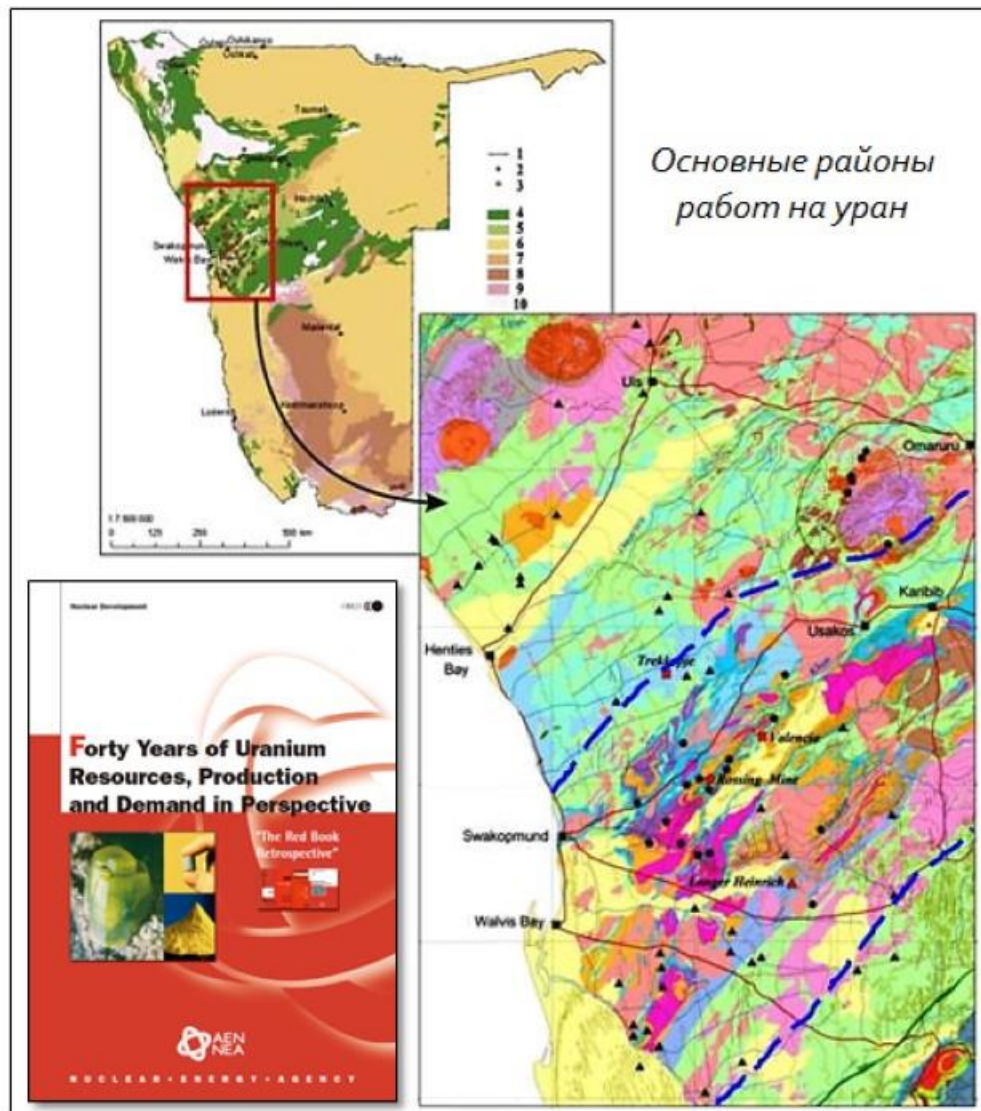
Капитан Питер Лоу
Peter Louw
(1886–1978)



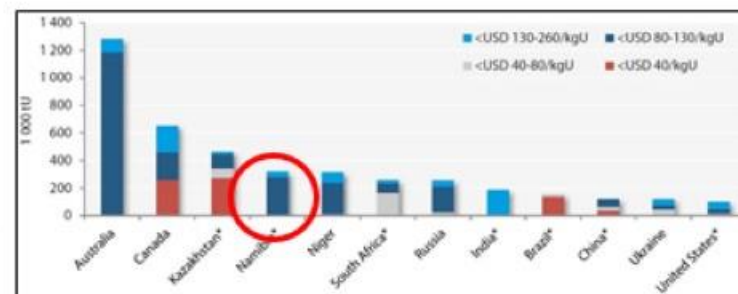
Langer Heinrich. Современный рудник

Урановый потенциал Намибии

Впервые в «Red book» данные об уране Намибии появились в 1976 г. Ныне ее МСБ прочно занимает 4-е место в мире.



Производство урана в 2018 г.

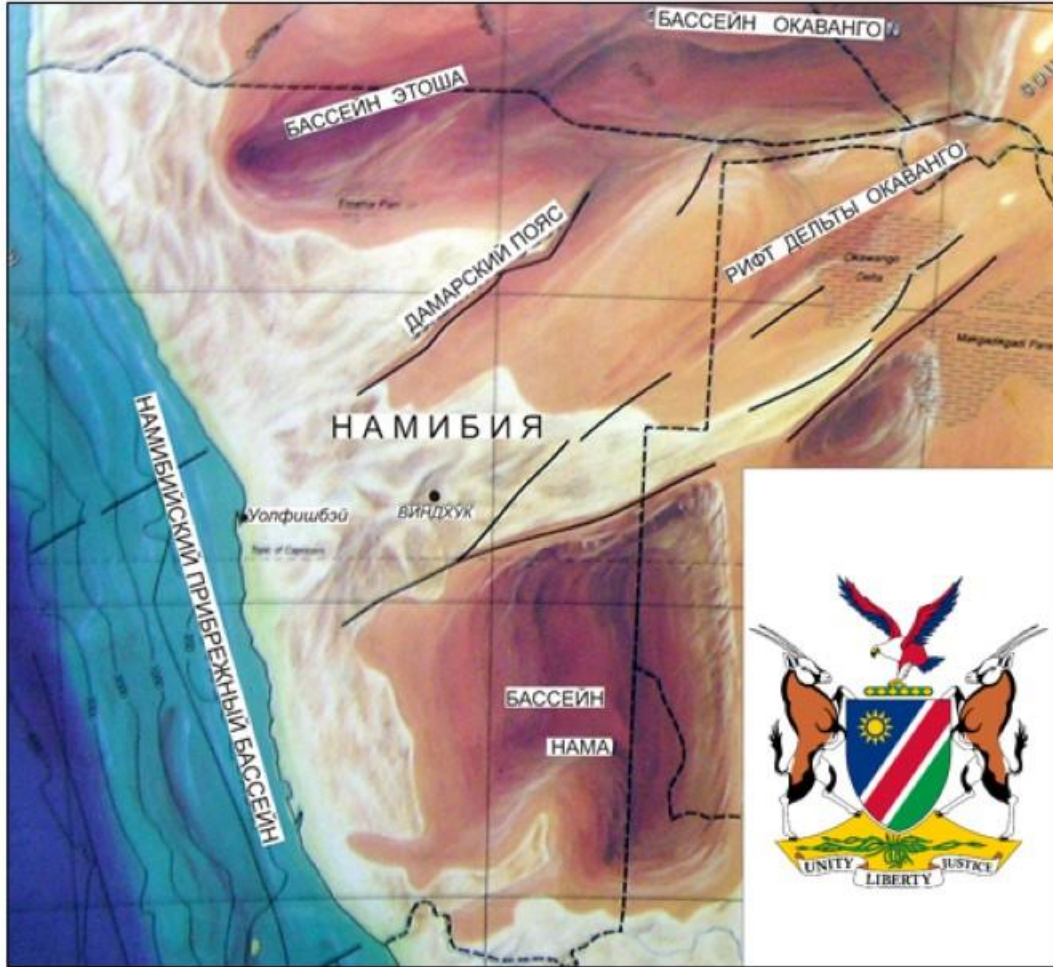


Распределение мировых ресурсов урана в 2018 г.



Аляскит (Rossing)

Осадочные бассейны Юго-Западной Африки



Прогнозно-поисковые критерии экзогенно-эпигенетических урановых месторождений



Региональные
(1:5 000 000 – 1:1 000 000)

- Геотектонический
- Климатический
- Гидродинамический
- Формационный

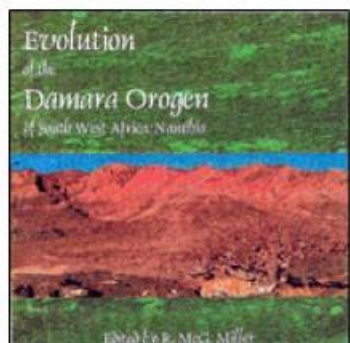
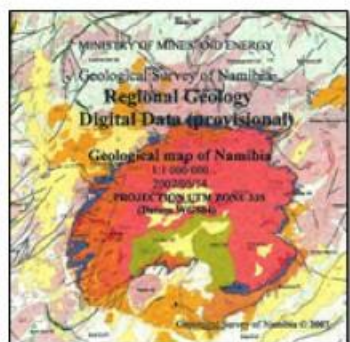
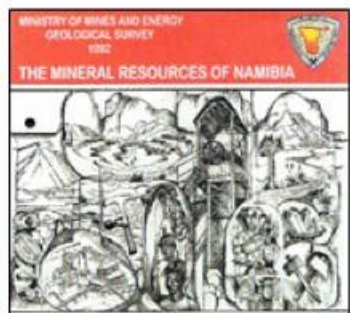
Районные
(1:500 000 – 1:200 000)

- Литификационный
- Фациально-палеогеографический
- Структурно-тектонический
- Гидрогеологический
- Гидрогеохимический
- Радиогеохимический
- Временной



Река Свакол на границе Национального парка Намиб-Науکلфт

Предложение – 2008 г. и его реализация



ПЕСЧАНИКОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ НАМИБИИ – МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

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

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

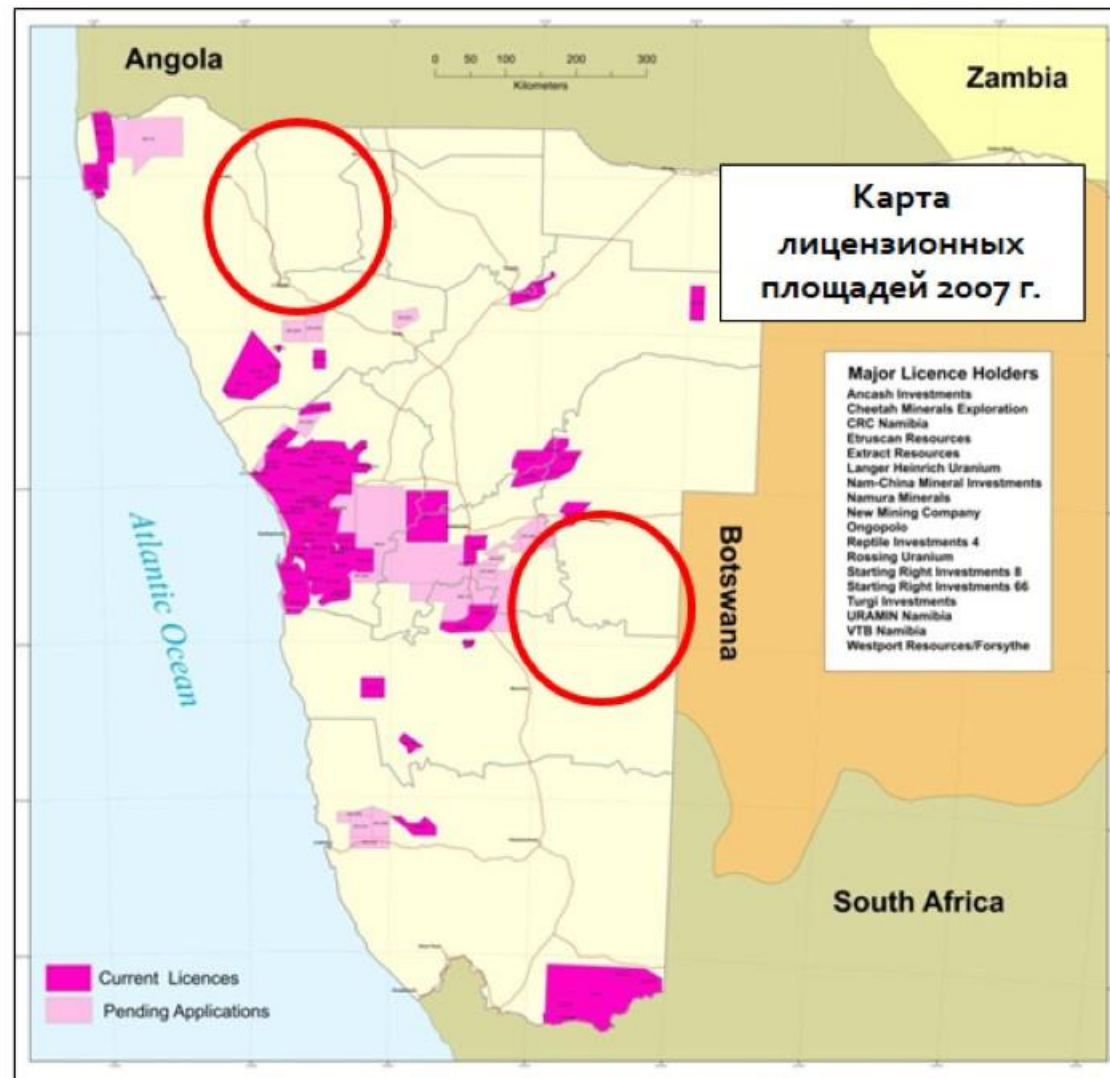
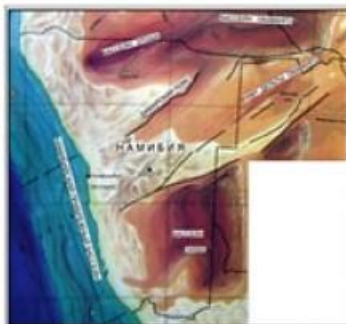
Проведенный анализ показывает, что перспективы региона далеко не исчерпаны. Они могут быть связаны с выявлением «слепого», не имеющего выхода на дневную поверхность оруденения песчаникового типа. Такие месторождения локализуются в осадочных толщах и обрабатываются наиболее рентабельным способом подземного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

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

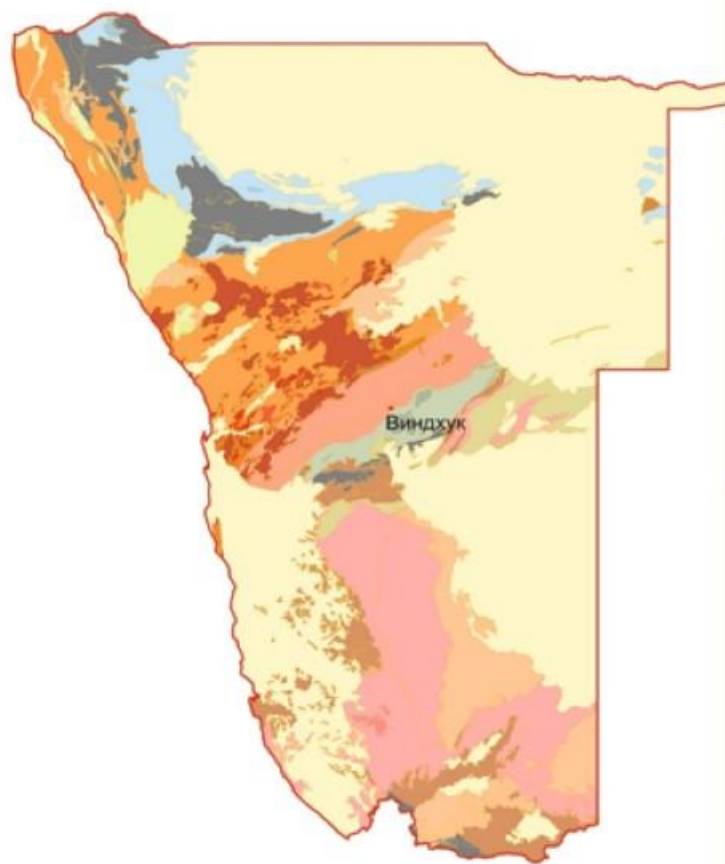
В регионе сформировалось два крупных осадочных бассейна, сложенных континентальными образованиями.

Это бассейн Нама (на юго-востоке) и Этоша в западной части впадины Окаванго (рис.).

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



Первый этап прогнозно-геологических работ (региональный)

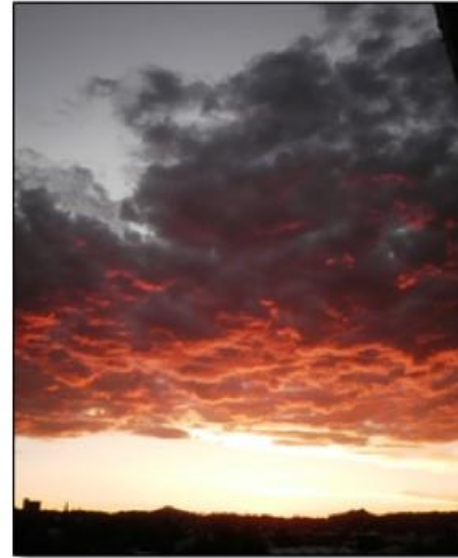
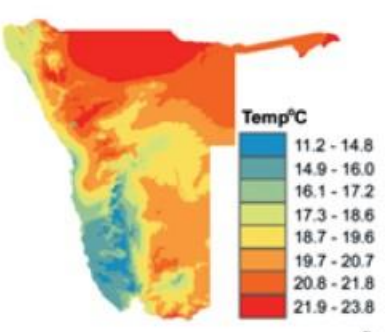
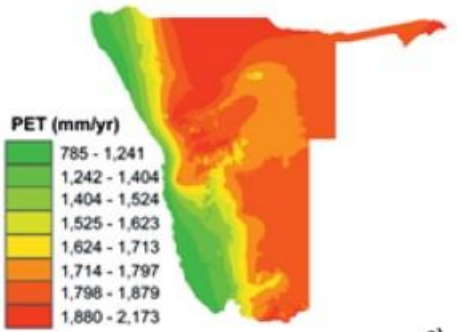
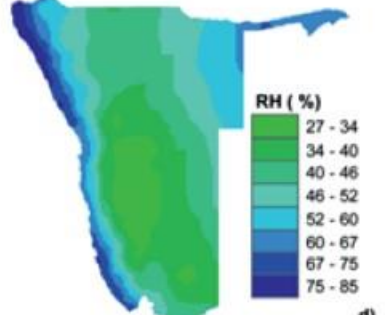
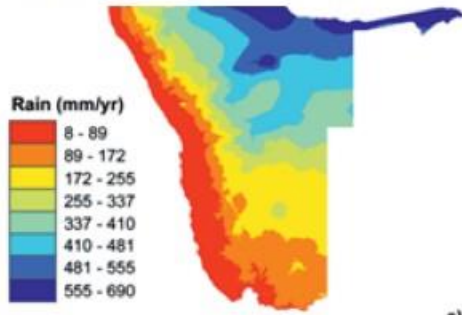
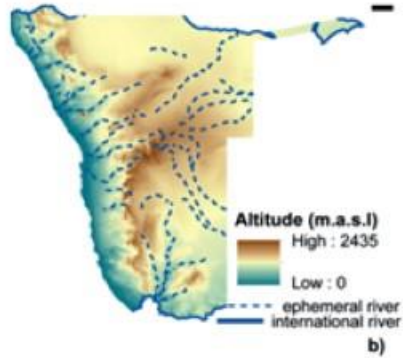


Площадь Намибии 825 615 км²

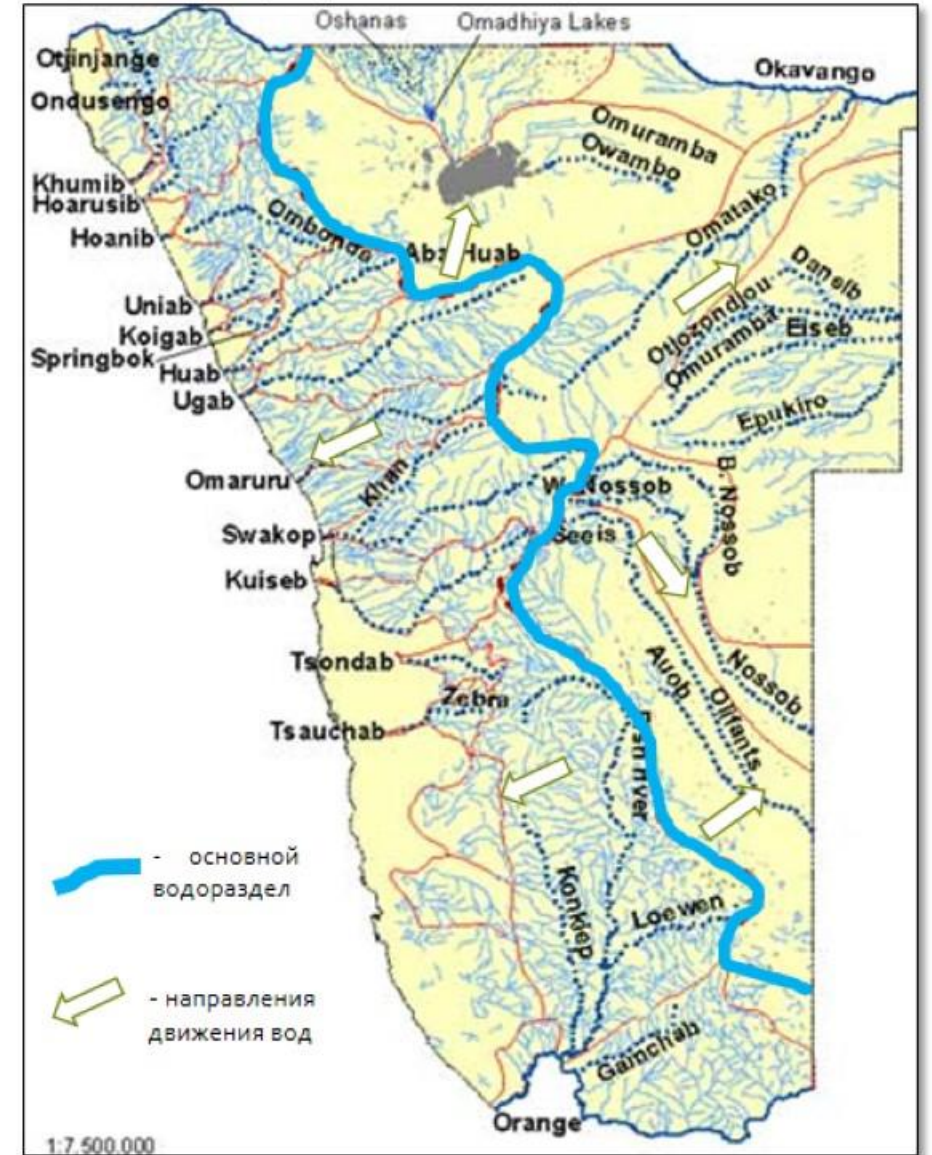
Масштаб работ	1:2 500 000 – 1:1 000 000 (1:500 000)
Сеть скважин	Без бурения
Основные цели	Оценка перспектив рудоносности крупных регионов на основе специализированного картирования
Решаемые задачи	Выделение площадей для прогнозных и поисковых работ на основе созданной комплексной поисковой модели потенциального рудного района или его рудных полей. Определение минерагенического потенциала P_3 (<i>Exploration Potential</i>)

Метеорологические карты Намибии

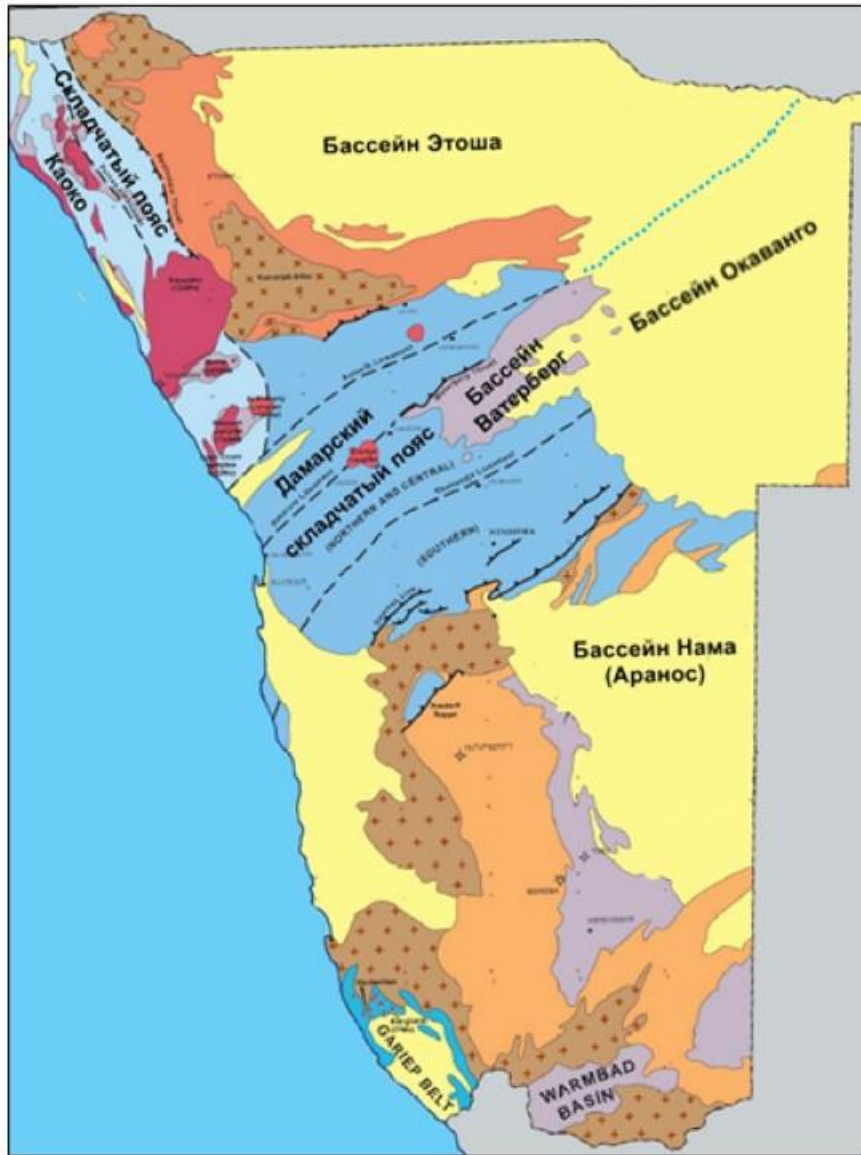
- (b) цифровая модель рельефа (DEM)
- (c) среднегодовое количество осадков
- (d) среднегодовая относительная влажность (RH%)
- (e) среднегодовое потенциальное испарение (PET)
- (f) среднегодовая температура



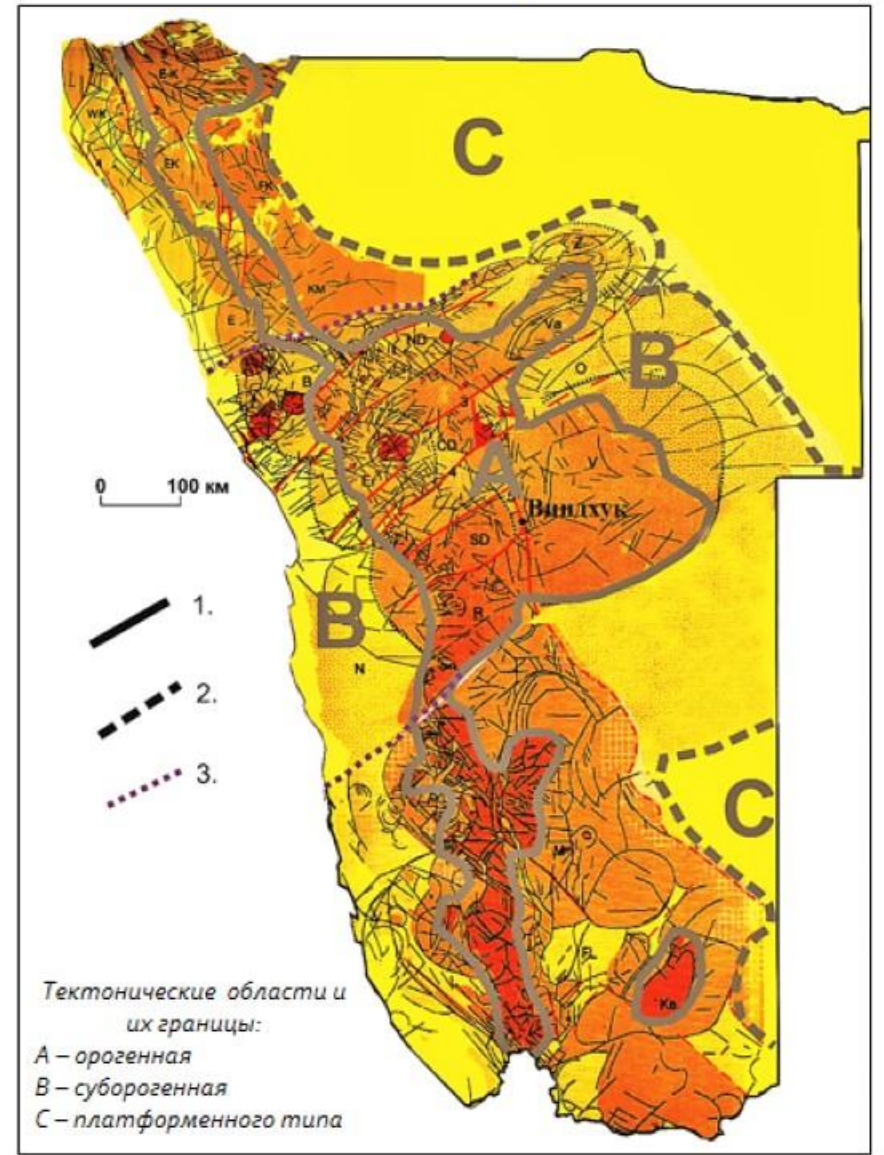
Гидрографическая карта Намибии



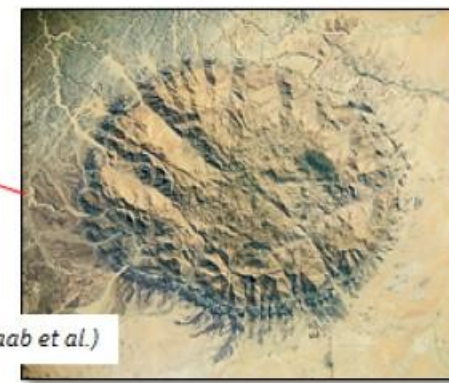
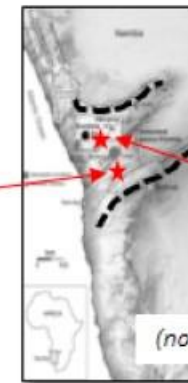
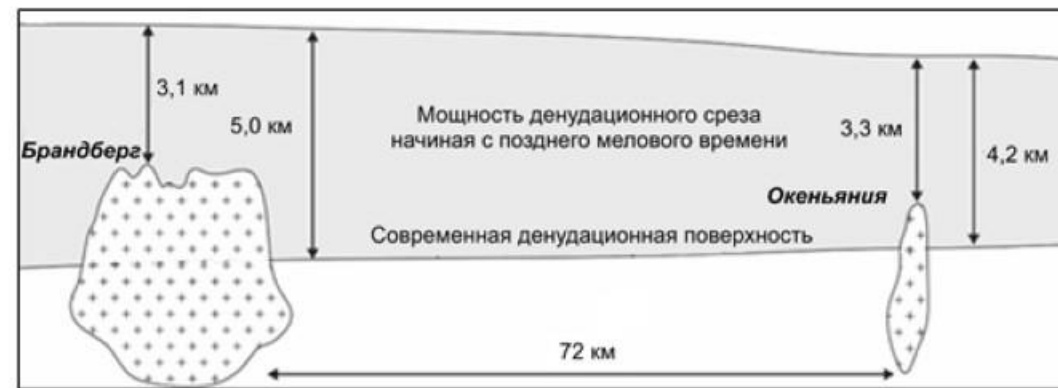
Тектоническая схема Намибии



Неотектоническая карта Намибии

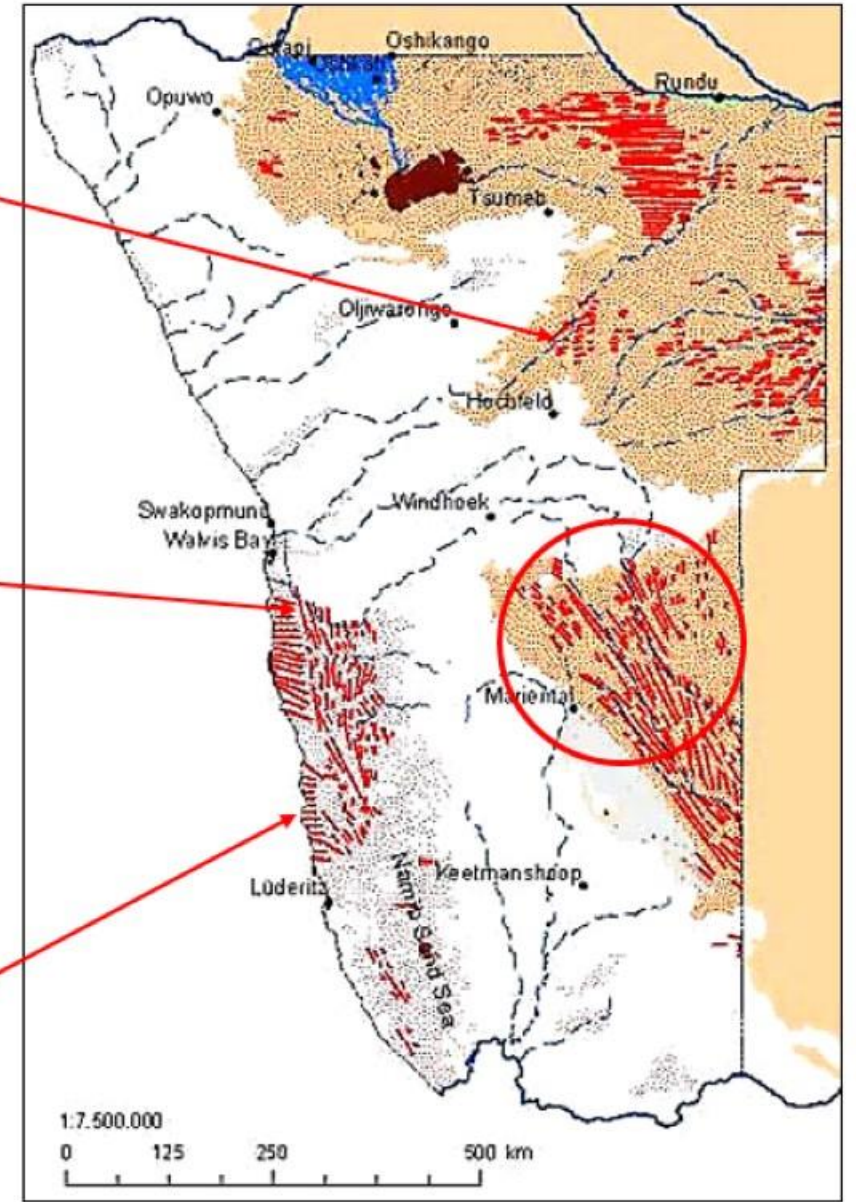
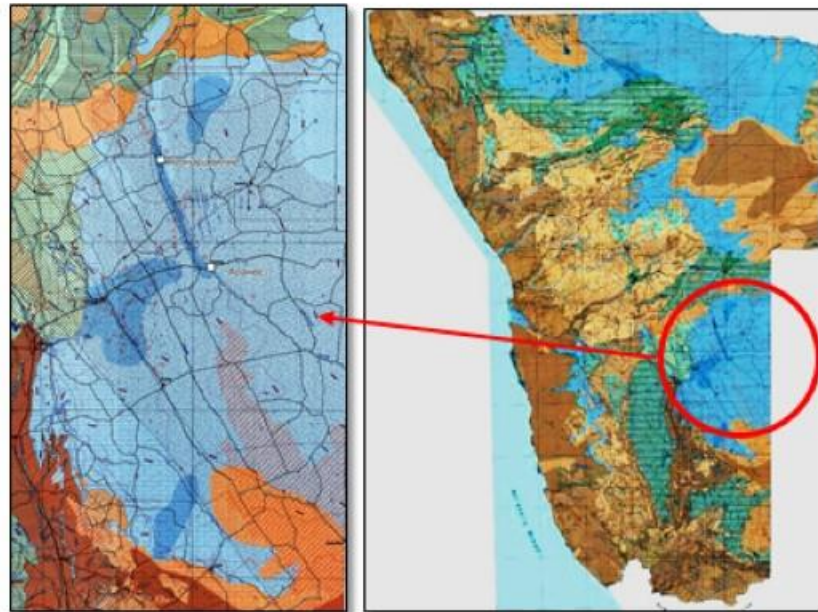
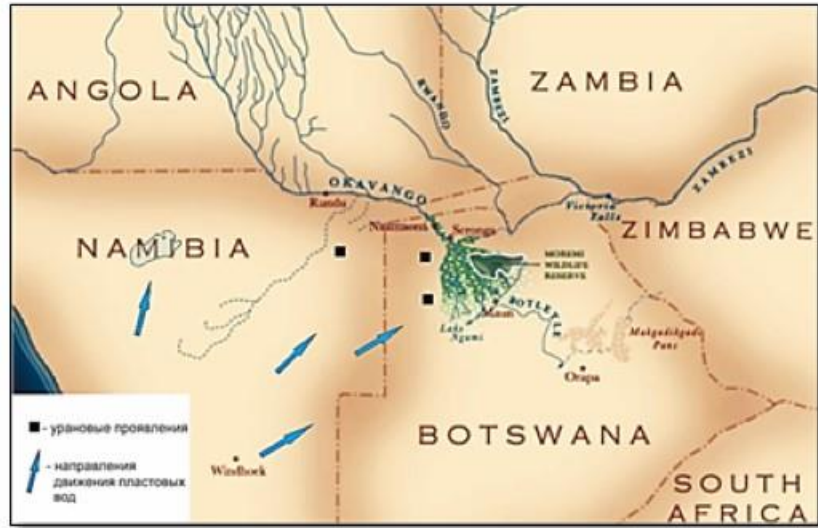


Денудация раннемеловых магматических комплексов Дамарской интрузивной провинции

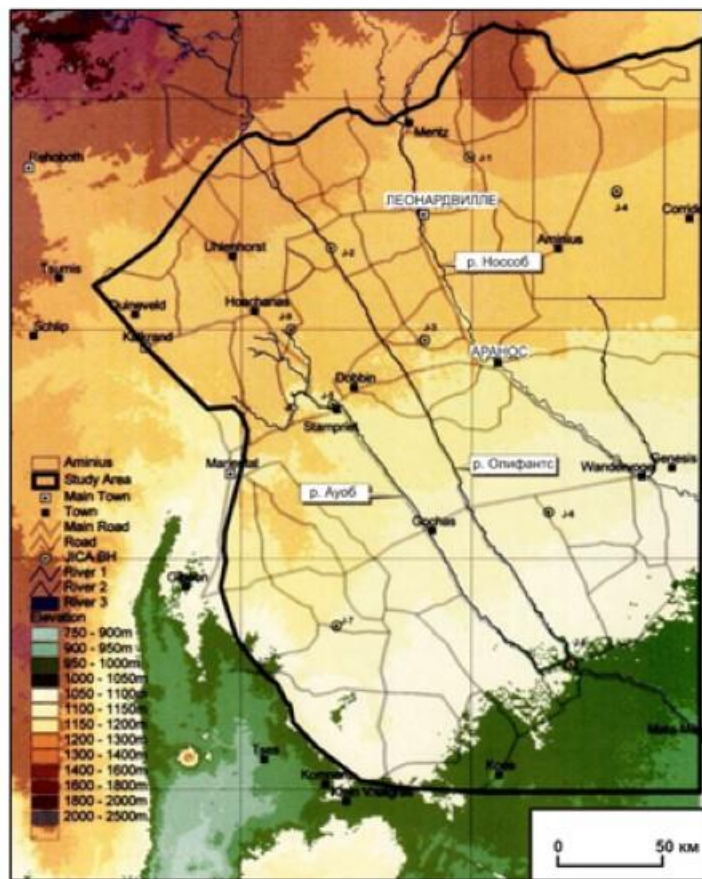


(no M.J.Raab et al.)

- Дамарский орогенный пояс в центральной части Намибии протягивается в северо-восточном направлении на 120 км при ширине 30–50 км (площадь 3 600 км²).
- В его пределах выделен Дамарский рудный пояс, где в аляскитовых гранитах выявлено четыре месторождения урана (Гоаниконтес, Россинг, Южный Россинг, Валенсия) и множество рудопроявлений.
- Разрушаясь они могли стать источником урана для месторождений в калькретах и в крупных осадочных бассейнах.



Второй этап прогнозно-геологических работ (крупномасштабный с заверочным бурением)

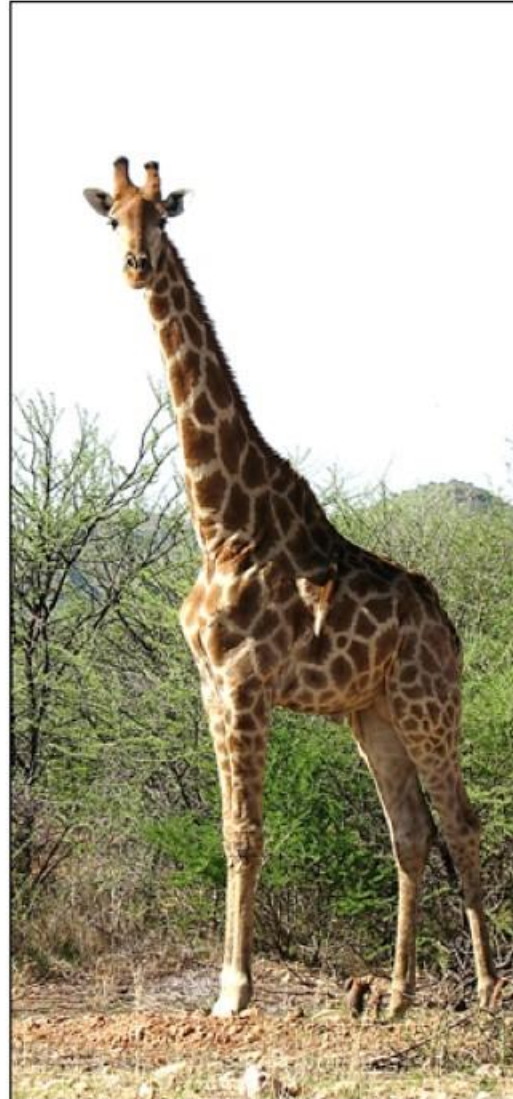


Бассейн Аранос – площадь
71 000 км²

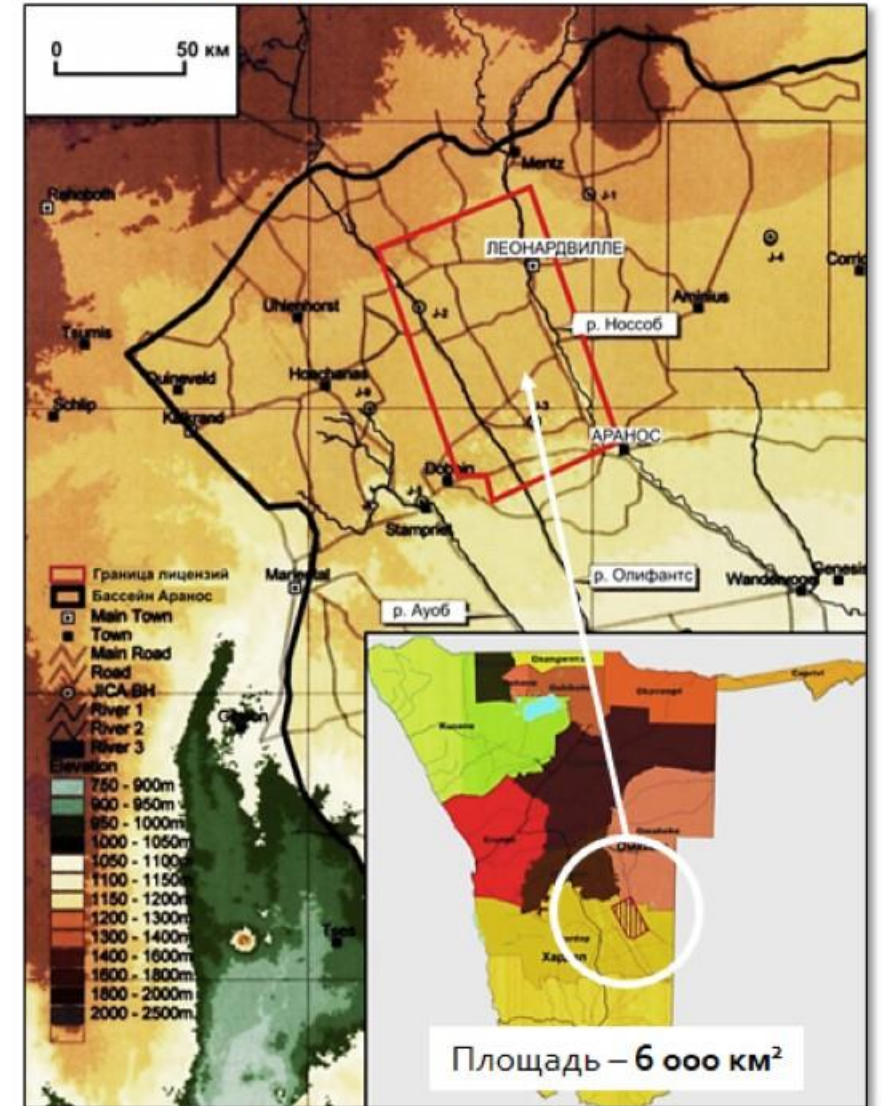
Масштаб работ	1:200 000
Сеть скважин	12,8×6,4–3,2 км (100–50 м)
Основные цели	Оценка перспектив потенциально рудоносных районов и рудоносных полей
Решаемые задачи	Составляется комплексная геолого-прогнозная модель месторождения, на основе которой оцениваются прогнозные ресурсы по категории P ₂ (<i>Exploratory research</i>)

Принятие решения – 2010 г.

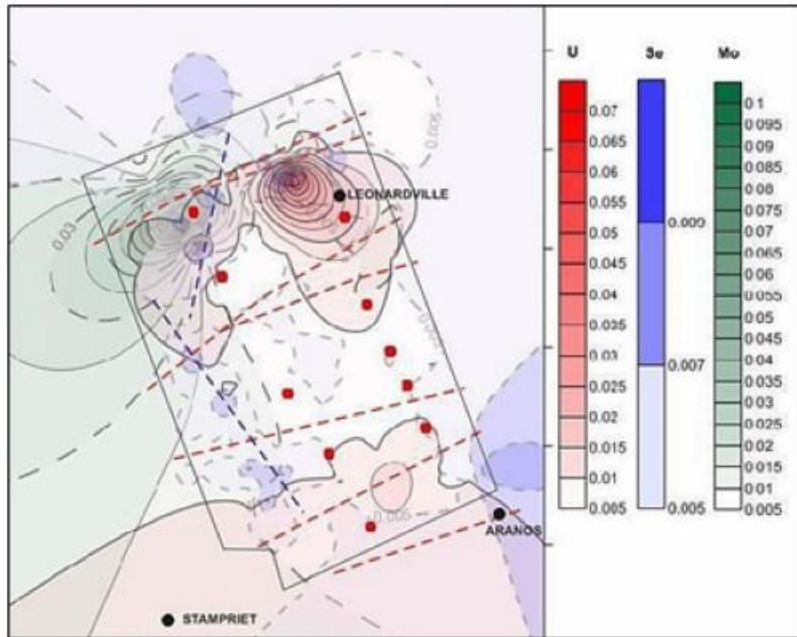
Типичные ландшафты



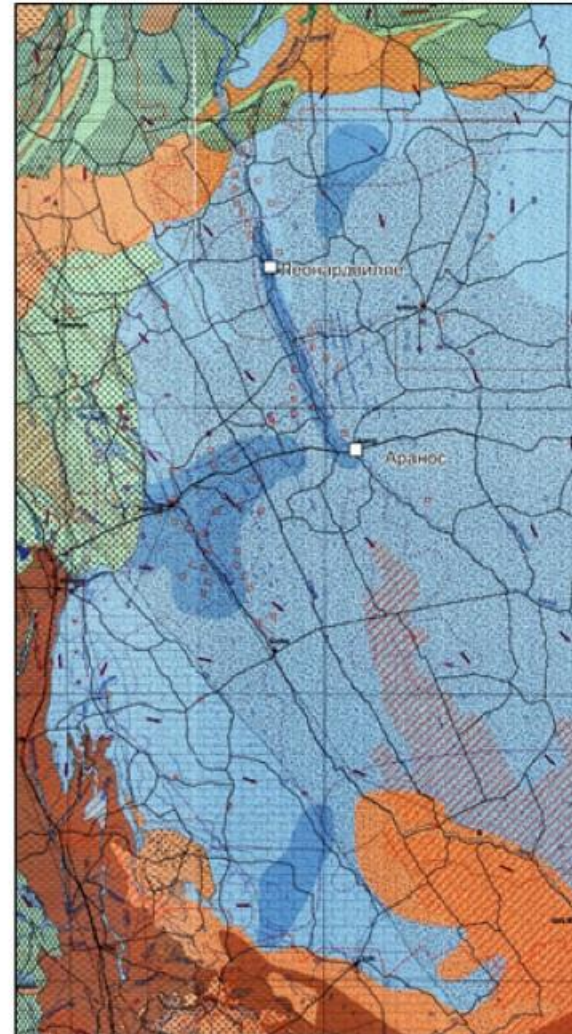
Район работ в 2011–2012 гг.



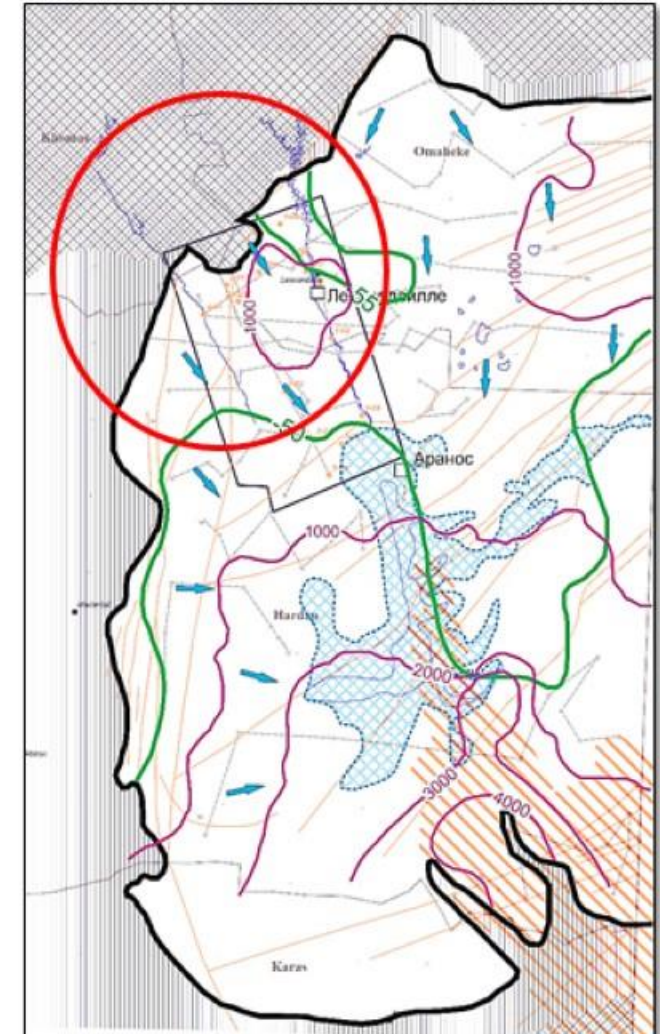
Карта гидрогеохимических аномалий: U, Se, Mo



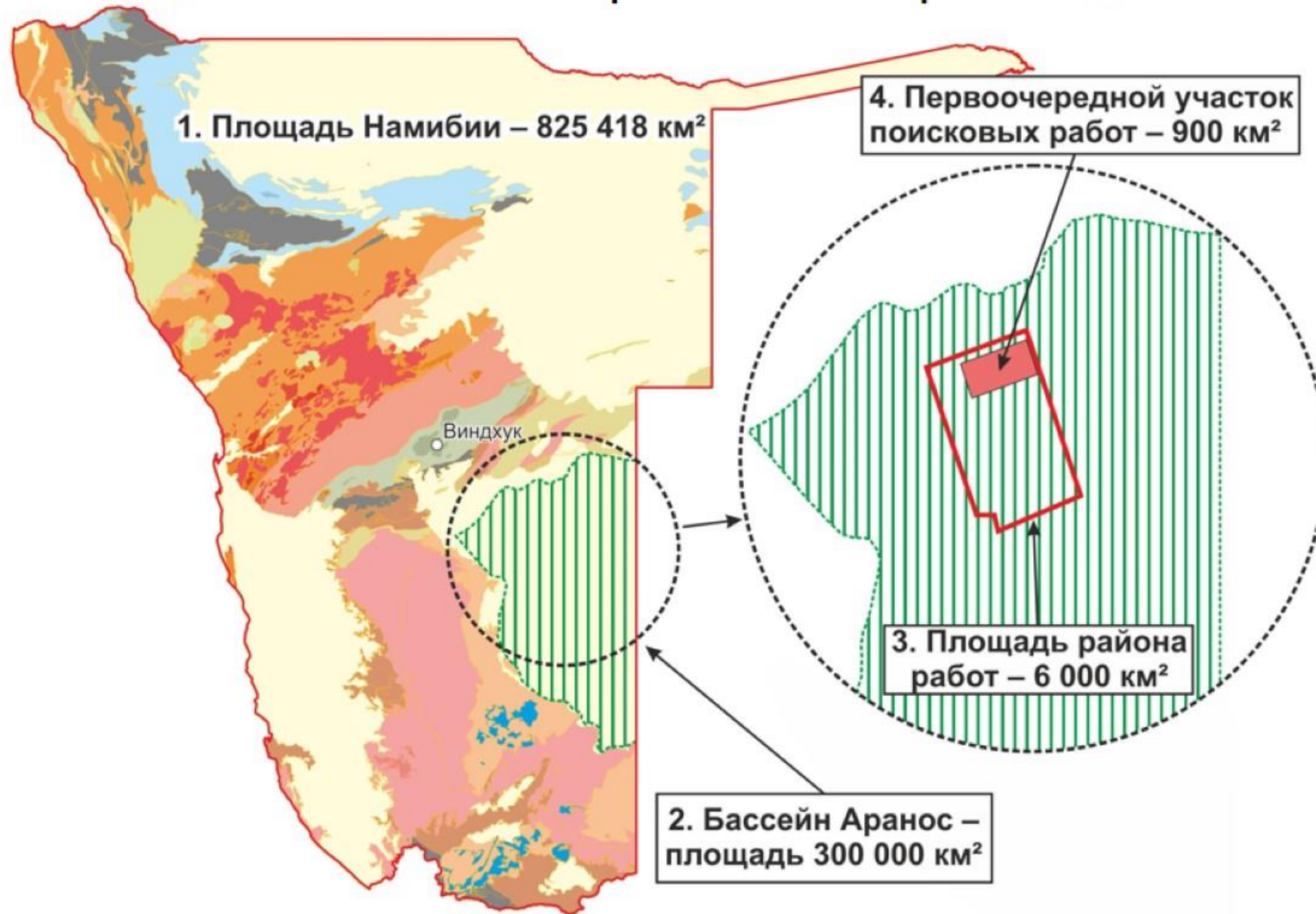
Гидрогеологическая карта
Намибии
(1:1 000 000, по BGR)



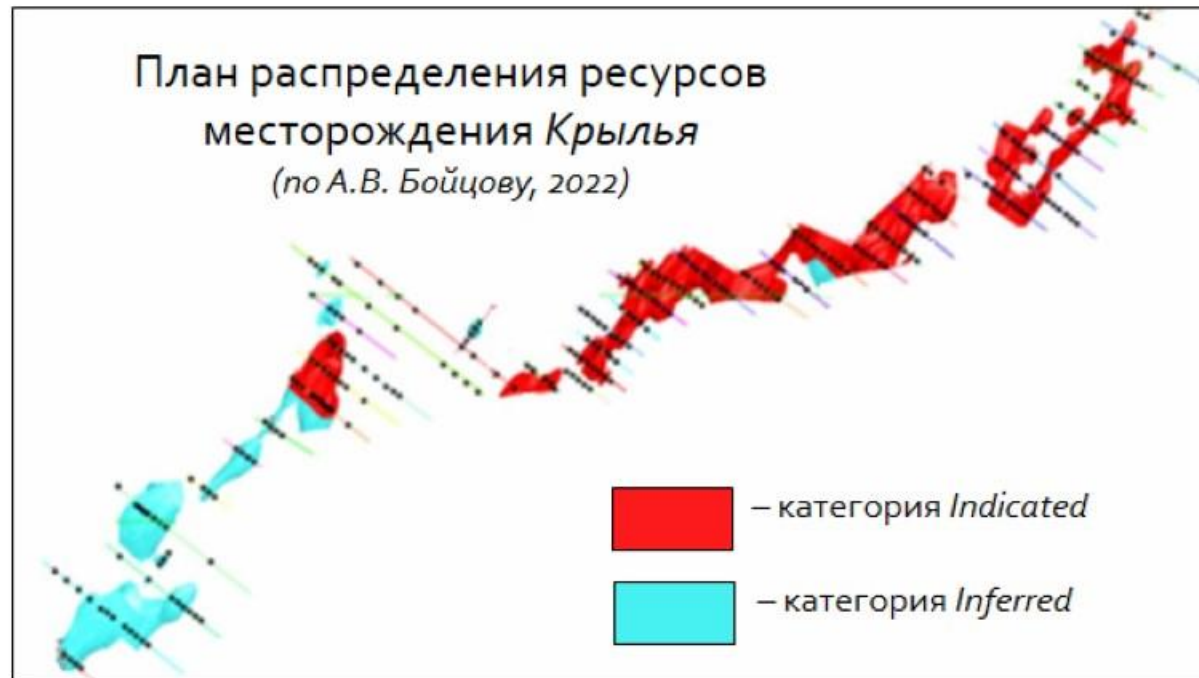
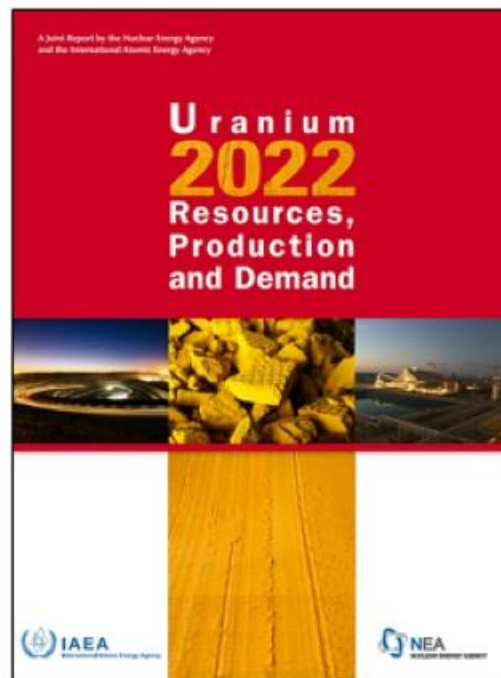
Карта гидродинамики
бассейна Аранос



Последовательность прогнозных работ (2008–2012 гг.)



Месторождению быть!



- По данным «Red book» 2020 и 2022 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. Эти работы позволили выявить значительные ресурсы урана, которые подтверждены сертификатом JORC.
- *Крылья* – первый объект песчаникового типа в Намибии с возможной отработкой руд способом СПВ.

Выводы

- Подтверждены теоретические выкладки, основанные на обобщении геологического материала о возможной ураноносности крупных осадочных бассейнов Намибии, которые никогда не вовлекались в прогнозные и поисковые работы, традиционно считаясь неблагоприятными для локализации в них урановых месторождений любого типа.
- Полученные результаты засвидетельствовали высокую эффективность прогнозных мелкомасштабных (1:1 000 000) и среднемасштабных работ (1:200 000), позволивших выделить первоочередную перспективную площадь и выявить на ней рудоносные зоны пластового окисления. Уже при бурении второй скважины удалось подсечь оруденение с содержанием 0,1 % U_3O_8 .
- В 2019 г. началось поисковое и разведочное бурение. Были установлены значительные ресурсы урана, и доказано наличие крупного месторождения песчаникового типа с возможной отработкой руд способом СПВ.
- Проведенные исследования показали, что малоизученные территории иногда обладают скрытым минерагеническим потенциалом, а «неожиданные» открытия в корне изменяют представления о направлениях прогнозных и поисковых работ.



*«80-летие становления отечественной урановой геологии»
23 мая 2023 г. Москва, ФГБУ «ВИМС»*

Новых открытий

