

3,1 раза соответственно. Прогнозные ресурсы в контуре лицензий по авторской оценке составляют около 75 т золота.

Таким образом, по количеству запасов промышленных категорий месторождение Вернинское относится к крупным и даже к уникальным объектам. В настоящее время оно занимает первое место по величине утвержденных балансовых запасов среди обрабатываемых золоторудных объектов России.

© Коллектив авторов, 2017

Мартыненко Владимир Геннадьевич // MartynenkoVG@polyus.com
Домашов Анатолий Викторович // DomashovAV@polyus.com
Дейс Светлана Юрьевна // DeisSY@polyus.com
Корзаков Андрей Геннадьевич // KorzakovAG@polyus.com
Кушнарев Петр Иванович // kushnarpi@mail.ru

УДК 55 (553)

Жарников А.Н.¹, Живулько А.В.², Ивлев И.А.¹,
Константинов В.Л.¹, Маркевич К.В.¹, Мельников А.В.¹,
Ястребко А.Ю.¹ (1 — АО «Ураниум Уан Груп»,
2 — ООО «Майкромайн Рус»)

УРАНОВАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ПОЙМЕННЫХ И ТЕРРАСОВЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАНЗАНИЯ

В южной части Танзании найдено приповерхностное урановое оруденение, локализованное в современных глинисто-песчаных отложениях, на площади около 200 км². Выявлено смещенное пространственное положение урановой минерализации и радия. Данный тип оруденения характеризуется низким, близким к фоновому уровню гамма-активности. Залегание урановой минерализации выше базиса эрозии в пределах хребтов и наличие пологих, корытообразных аккумулятивных долин предоставляет условия для выноса урана из рудных залежей и затем его осаждение на органическом субстрате почвенных образований долин. Полученные данные свидетельствуют о широкомасштабных современных процессах рудообразования, которые дают основание для прогнозирования значительных ресурсов урановой минерализации в почвенных отложениях межгорных долин. **Ключевые слова:** Танзания, урановое оруденение, радий, почва, геохимический барьер.

Zharnikov A.N.¹, Zhivulko A.V.², Ivlev I.A.¹, Konstantinov V.L.¹, Markevich K.V.¹, Melnikov A.V.¹, Yastrebkov A.Yu.¹ (1 — Uranium One Group, 2 — Micromine Rus)

URANIUM MINERALIZATION IN THE FLOOD PLAIN AND TERRACED DRIFTS REPUBLIC OF TANZANIA

Near-surface uranium mineralization localized in modern clay-sand sediments over an area of 200 km² found in the southern part of Tanzania. Displaced spatial position of the uranium mineralization and radium were revealed. This type of mineralization is characterized by low, close to the background, level of gamma activity. The occurrence of uranium

mineralization above the base level of erosion within the ridges as well as the presence of sloping, trough-shaped accumulative valleys provide the conditions for the removal of uranium from ore deposits and then its deposit on the organic substrate of valleys' soil formations. The findings indicate the large-scale recent processes of mineralization, which gives reason to predict considerable resources of uranium mineralization in soil sediment of intermountain valleys. **Keywords:** Tanzania, uranium mineralization, radium, soil, geochemical barrier.

Экзогенные урановые месторождения в центральной части Восточной Африки на территории Объединенной Республики Танзания выявлены относительно недавно (рис. 1). Они относятся к одному из наиболее интересных объектов — урановые руды в песчаниках, зарекомендовавших себя как распространенный и наиболее экономически выгодный источник урана. Интенсивные геологоразведочные работы проводились преимущественно силами Mantra Resources Ltd, Western Metals, Uranum Resources plc, Paladin Resources и ряда других компаний.

В последние годы в Танзании все большее внимание привлекают урановые месторождения поверхностного типа. Это определяется их наибольшей доступностью для комплексного изучения и высокорентабельной отработкой в связи с приуроченностью, как правило, к приповерхностной части земной коры, а также возможностью применения для отработки наиболее рентабельных современных технологических методов. По генезису эти объекты являются типично гипергенным грунтово-инфильтрационным урановым оруденением, локализованным на щелочно-кислотном геохимическом барьере в палеорусле, выполненных карбонатными, гипсовыми и силикатными почвенными образованиями (калькретами, гипкретами и сिल्кретами).

Другой потенциально перспективной территорией для формирования гипергенного уранового оруденения в регионе считаются центральный и северо-западный районы Танзании. Здесь проявления выявлены в



Рис. 1. Схема расположения исследуемого участка

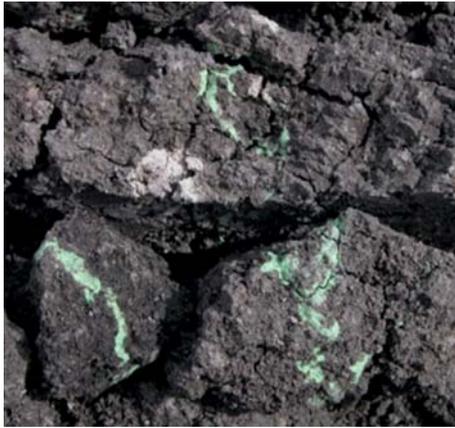


Рис. 2. Вторичная урановая минерализация «mbuga» в современных сероцветных озерно-аллювиальных и озерно-болотных, глинисто-песчанистых отложениях

современных сероцветных озерно-аллювиальных и озерно-болотных, глинисто-песчанистых отложениях, включающих карбонат и гипс, обогащенных органикой и пропитанных вторичной урановой минерализацией, получивших название — отложения «mbuga» (рис. 2). Они были выявлены еще в 1950-е годы в болоте Бахи [4].

Нижнепротерозойские подвижные пояса, окружающие архейский щит, характеризуются наличием многочисленных впадин, заполненных терригенным материалом. Палеодренажные системы создали условия для широкой миграции урана от областей питания, сложенных породами с высокими содержаниями урана и его миграции к местам концентрации в малых бассейнах. Возраст вмещающих озерных и речных осадков позднечетвертичный-четвертичный. Мощность отложений «mbuga» достигает 90 м и более. Минерализация в приповерхностной части разреза представлена карнитом и метатюамунитом, а в черных осадках болот — шрекингеритом [1].

Аэрогаммаспектрометрическая съемка выявила ряд аномалий в калькретах, которые не представляют промышленного интереса. Радиометрические аномалии и проявления урана в покровных отложениях Бахи оказались более перспективными и стали целенаправленно изучаться с конца 1970-х годов. Район Бахи и прилегающие территории (Kisalalo и Ilindi) после их исследования фирмами Mantra Resources и Uranex признаны рентабельными для освоения [2].

Рассмотрим условия, в которых сформировался современный облик востока Африканского континента. Он образовался в большей степени под влиянием климатических и неотектонических факторов. Большая часть территории региона находится в семигумидной зоне. Только небольшой район Танзании находится в семиаридной и частично аридной климатических зонах. Для семигумидной климатической зоны характерно развитие процессов химического выветривания (латеризация материнских пород, ожелезнение), а для аридной и семиаридной зон — процессов физического (преимущественно температурного) выветривания,

приводящего к образованию щебенистых, дресвяно-щебенистых кор.

Главенствующее значение в формировании современного ландшафтно-геоморфологического облика региона сыграли мезозойско-кайнозойские рифтогенные процессы. Восточно-Африканская рифтовая система, сформированная тектоническими движениями в мезозое и кайнозое, имеет субмеридиональное простирание, сопровождается мощными излияниями лав и не имеет себе равных на суше как по длине (более 6000 км), так и по амплитуде вертикальных перемещений (свыше 5000 м). Она выражена долинами и впадинами, ограниченными обрывистыми склонами, вдоль которых воздымаются хребты и горные массивы, увенчанные конусами вулканов высотой до 5000 м. Все многообразие ландшафтно-геоморфологических комплексов региона разделяется на две большие группы: эрозионно-денудационные ландшафты, формирующиеся на разновозрастных, как правило, древних и разнородных структурно-вещественных комплексах и аккумулятивные ландшафты, сложенные разнотипными неоген-четвертичными отложениями.

При проведении изыскательских работ было выявлено приповерхностное урановое оруденение, близкое по генезису к известным проявлениям в районе Бахи. Район исследований расположен в южной части Танзании.

Естественное выветривание пород серии Мкуджу привело к образованию крутых, врезанных долин и главным образом узких ярко выраженных горных хребтов. Местами встречаются горные обрывы, достигающие глубины 20–40 м. В мягких, слабо консолидированных осадочных породах превалирует оползание пород. Перепады высот достигают 200–230 м. Водотоки на самом участке исследований и в окрестностях временные — от умеренных до сильных — во время и сразу после дождя. Большинство русел небольших рек и ручьев песчаные и быстро высыхают после сезона дождей.

Исследуемая территория локализуется на архейской платформе, окруженной более молодыми протерозойскими образованиями и расположена в юго-восточной части страны в отложениях супергруппы Кару пермь-триасового возраста в пределах осадочного бассейна Селус. Бассейн Селус является одним из пяти основных осадочных бассейнов региона. Серия региональных разломов в районе работ северного и северо-восточного простирания слагает грабен Селус. Отложения бассейна представлены переслаивающимися субгоризонтальными песчано-гравийно-глинистыми отложениями речных фаций: пойменные отложения, русловые, конусов выноса и т.д. Максимальная мощность толщи пород бассейна Селус достигает 6000 м, две трети которой сложены породами триасового возраста.

Рудовмещающими отложениями в районе исследований являются отложения формаций Мкуджу и верхняя часть формации Мбаранганду. Отложения верхней части пластов формации Мкуджу полностью проработаны эпигенетическими окислительно-восстанови-

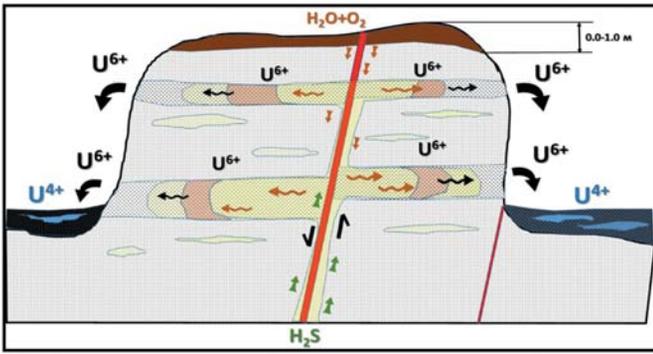


Рис. 3. Вероятная схема образования рудных залежей в почвах и пойменных отложениях

тельными процессами. Горуды представлены двумя геохимическими типами — окисленными и вторично-восстановленными. Приуроченная к этим отложениям урановая минерализация выявлена на небольших глубинах и представлена урановыми слюдками группы мета-отенита. Залегание минерализованных залежей моноклиналное с падением 2–3° в северо-восточном направлении, что согласуется с параметрами залегания вмещающих осадочных отложений. Собственно урановая минерализация прослеживается от поверхности на глубину до 50–70 м и более. Мощности рудных залежей составляют от 1–2 до десятков метров. Типичными являются мощности 4–10 м. Морфология рудных тел осложнена впоследствии тектоническими процессами взбросо-сбросового характера [3].

В результате выполненных исследований выявлено смещенное пространственное положение урановой минерализации и радия — продукта распада урана. Выполненная оценка показала, что система U/Ra является открытой вследствие воздействия подземных флюидов, несущих восстановители (H_2S), которые попадают в систему по тектоническим нарушениям, и окислители в виде кислорода, также попадающие в систему с поверхностными водами через маломощную (0,3–1,5 м) кору латеритного выветривания. Периодическое проникновение в систему тех или иных растворов создает условия по выщелачиванию урана из залежей и его осаждение на новых геохимических барьерах. Процессы перераспределения урана наблюдались как по kernовому материалу, так и по обнажениям пород и были подтверждены результатами аналитических определений урана в kernовых пробах.

Принимая во внимание геохимические свойства урана, можно предположить, что в наблюдаемых

условиях имеет место процесс выноса шестивалентного урана из рудовмещающих залежей с последующим его абсорбированием органическими остатками в четырехвалентной форме, содержащимися в почвах и отложениях пойм межгорных и речных долин. Вероятную схему образования рудных залежей в почвах и пойменных отложениях демонстрирует рис. 3. В результате сделано предположение о высокой вероятности наличия в почвенных отложениях пойм и террас речных долин урановой минерализации, возможно в промышлен-

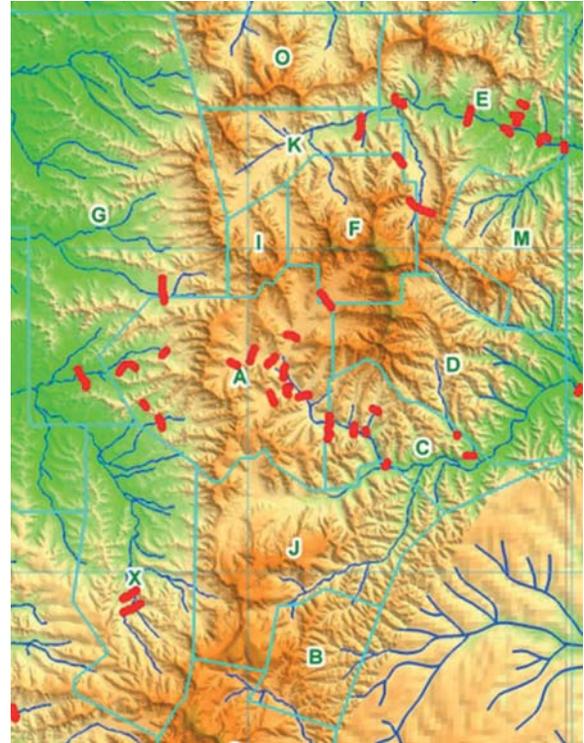


Рис. 4. Места отбора проб аллювиальных отложений речных долин

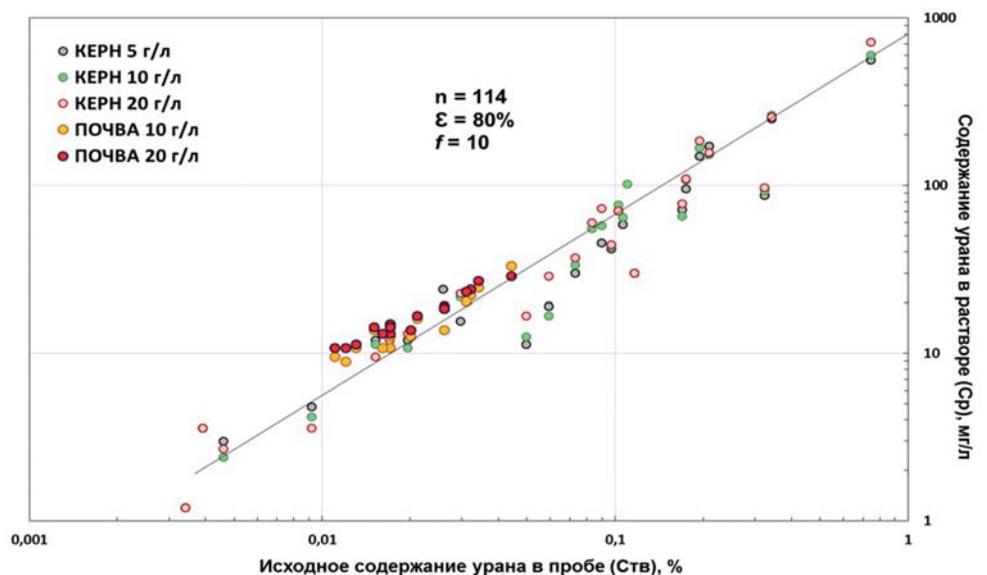


Рис. 5. Результаты статистических испытаний проб растворами серной кислоты

ленных концентрациях. Для проверки теоретических предпосылок формирования приповерхностной урановой минерализации выполнены рекогносцировочные поисковые работы на наиболее перспективных участках. В августе 2015 г. выполнен геоморфологический анализ площади для оценки возможных направлений выноса урана и вероятных площадей, на которых возможно осаждение растворенной урановой минерализации.

При рекогносцировочных работах невозможно было использовать радиометр, понимая, что уран не обладает гамма-активностью. Поэтому поисковые работы проводились на основе опробования десятисантиметровых керновых проб, полученных в результате бурения ручным геохимическим буром Некрасова.

Опробованию подвергались все аккумулятивные долины на площади примерно в 200 км², т.е. там, где урановая минерализация залегает выше эрозионного среза и может мигрировать в долины. Кроме почвенных образований опробованию подвергались и аллювиальные отложения речных долин (рис. 4).

Дистанция миграции урана от источника до геохимического барьера, на котором происходит осаждение его четырехвалентной формы составляет около 800–1500 м. В пределах этой зоны отобраны 95 % проб, имеющих содержание выше 0,01 %. Подтверждением возможности нахождения урановой минерализации в почвенных образованиях на более глубоких горизонтах является вскрытие урановой минерализации разведочной скважиной в интервале глубин 7,4–8,8 м. Среднее содержание U₃O₈ составило 477 ppm при мощности 1,4 м. При этом значения гамма-активности, согласно данным каротажа, незначительно превышают фоновые значения и составляют 40–70 мкР/ч.

По результатам статических испытаний проб растворами серной кислоты можно заключить, что и руды, и пробы почв, отобранных на изучаемой площади, относятся к категории легковыщелачиваемых. Выщелачивание урана дает высокие показатели извлечения при использовании растворов серной кислоты в концентрации 10 г/л. Обобщенный показатель извлечения составляет 80 %. Значение показателя сопоставимо с результатами лабораторных испытаний проб месторождений Хиагдинское (85 %) и Далматовское (62 %) (рис. 5).

В заключение важно отметить, что все эти данные свидетельствуют о широкомасштабных современных процессах рудообразования, которые дают основание для выявления значительных ресурсов урановой минерализации в почвенных отложениях межгорных долин. Данный тип урановой минерализации характеризуется низким, близким к фоновому уровню гамма-активности. Залегание урановой минерализации выше базиса эрозии в пределах хребтов и наличие пологих, корытообразных аккумулятивных долин предоставляет условия для выноса урана из рудных залежей и затем его осаждение на органическом субстрате почвенных образований долин. Указанный выше тип минерализации

может являться дополнительным источником повышения уранового потенциала Объединенной Республики Танзания.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Bianconi, F.* Surficial uranium occurrences in the United Republic of Tanzania / F. Bianconi, J. Borshoff // A technical document issued by the IAEA. — Vienna, 1984. — P. 231–235.
2. *Orazaliyev, Y.* Report on natural uranium level in Bahi district, Tanzania / Y. Orazaliyev, B. Merkel — Munich, 2013. — 24 p.
3. *Quennell, A.C.M. McKinlay and W.G. Aitken* Summary of the Geology of Tanzania, Part 1: Introduction and Stratigraphy / Quennell, A.C.M. McKinlay and W.G. Aitken, 1956.
4. *Uranium in the Tanzanian Context // Uranium Mining. Impact on Health & Environment.* — Dar es Salaam, 2014. — P. 8–11.

© Коллектив авторов, 2017

Жарников Алексей Николаевич // zharnikovan@u1g.ru
Живулько Анна Владимировна // azhivulko@micromine.com
Ивлев Игорь Александрович // ivlevia@u1g.ru
Константинов Василий Леонардович // konstantinov@u1g.ru
Маркевич Константин Владимирович // markevichkv@u1g.ru
Мельников Андрей Владимирович // melnikovav@u1g.ru
Ястребков Алексей Юрьевич // yastrebkovay@u1g.ru

УДК 553.689.2:550.812.1(470.6)

Ахманов Г.Г., Егорова И.П., Булаткина Т.А. (ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»)

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕНЕЗИСА БАРИТОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА РАННИХ СТАДИЯХ ГЕОЛОГО-РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

*Предлагаемый способ позволяет, используя типоморфные особенности барита, значительно сократить затраты по поиску месторождений путем раннего определения генетической принадлежности объекта. **Ключевые слова:** барит, месторождение, генезис, типоморфный, признак, информативность.*

Akhmanov G.G., Egorova I.P., Bulatkina T.A.
(TSNIIgeolnerud)

METHOD FOR DETERMINING THE GENESIS BARITE FIELD EARLY EXPLORATION WORK

*The proposed method allows using typomorphic especially barite, significantly reduce the cost of the search fields by early detection of genetic object identity. **Keywords:** barite deposit, genesis, typomorphic, sign, informational content.*

Барит для экономики Российской Федерации является остродефицитным сырьем, в значительной степени определяющим эффективность работы таких базовых отраслей промышленности как ТЭК, химическая, строительная и др.

Потребности промышленности в барите не обеспечены отечественным производством. Дефицит покрывается импортом: прямым «небурового» барита и скрытым (в других товарных позициях) «бурового» — для нужд ТЭКа. При прогнозируемом уровне потребления активные запасы к 2025 г. могут быть исчерпаны пол-