

УДК 553.495

## ПРОБЛЕМА УРАНОНОСНОСТИ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩ ОКИНСКОГО СИНКЛИНОРИЯ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)

**С.М. Мешалкин<sup>1</sup>**

Байкальский филиал «Сосновгеология» ФГУП «Урангео», 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Гоголя, 53.

В пределах Окинського синклинория развита урановая минерализация двух типов: осадочно-метаморфогенная в черносланцевых толщах и инфильтрационная в корях выветривания. Наиболее перспективной является осадочно-метаморфогенная минерализация, локализованная в углеродисто-кремнистых, углеродисто-глинисто-кремнистых сланцах дабанжалгинской свиты. Повышенные концентрации металла тяготеют к замкам складок, флексуобразным изгибам, областям повышенной трещиноватости, рассланцевания и послойным срывам. Уран представлен гидроокислами в дисперсной форме, часто в ассоциации с молибденом, ванадием, и связан с органическим веществом. По плоскостям трещин и кавернам развиты вторичные минералы: уранофан, карнотит и метаторбернит.

Минерализованные линейные коры выветривания развиты по кремнисто-карбонатным образованиям дабанжалгинской свиты вдоль зон разрывных нарушений. Минерализация представлена вторичными уран-ванадиевыми минералами – туюмунитом, сенджеритом, фольбортитом, скупитом – и гипергенными урансодержащими минералами марганца и железа. Источником металла, по-видимому, служило оруденение в осадочно-метаморфогенных толщах, на которые накладывались коры выветривания.

Проведен анализ работ предшественников, показана слабая степень изученности известных рудопоявлений урана, сделано заключение о некорректности выводов об их низкой перспективности.

Даны рекомендации по постановке поисково-оценочных работ на уран в пределах Окинського синклинория и методике их проведения с целью выявления промышленных урановых месторождений осадочно-метаморфогенного, трещинно-инфильтрационного и «грунтово-инфильтрационного» (витимского) типов.

*Ключевые слова:* уран; черносланцевая толща; Окинський синклинорий; коры выветривания; формационные типы уранового оруденения.

## PROBLEM OF OKINSKY SYNCLINORIUM BLACK SHALE STRATA URANIUM CONTENT (EAST SAYAN)

**S.M. Meshalkin**

Baikal Branch of “SosnovGeologiya” of the Federal State Unitary Geological Enterprise “Urangeo”, 53 Gogol St., Irkutsk, 664074, Russia.

Two types of uranium mineralization are developed within the Okinsky synclinorium: sedimentary-metamorphogene (in black shale strata) and infiltration (in weathering crusts). The most promising is the sedimentary-metamorphogene mineralization localized in carbonaceous-siliceous and carbonaceous-clay-siliceous shales of the Dabanzhalsinskaya suite. Elevated concentrations of metal mostly occur in fold hinges, flexure bends, areas of increased fracturing, schistosity and stratified stripping. Uranium is represented by dispersed uranium hydroxides often in association with molybdenum, vanadium and is bonded to organic substance. Secondary minerals – uranophane, carnotite and metatorbernite – occur by fracture planes and caverns.

Mineralized linear weathering crusts are developed in siliceous-carbonate formations of the Dabanzhalsinskaya suite along the zones of faulting. Mineralization is presented by secondary uranium-vanadium minerals – tyuyamunite, sengierite, volborthite, scupite and supergene uranium-bearing minerals of manganese and iron. Apparently, mineralization in sedimentary metamorphogene strata overlapped by the weathering crusts served as a source of metal.

The analysis of the works of previous researchers has shown an insufficient exploration degree of known uranium occurrences and erroneous conclusions on their low exploitation prospects.

Recommendations on the organization of uranium prospecting and evaluation works within the Okinsky synclinorium and their procedure are given in order to identify industrial uranium deposits of sedimentary-metamorphogene, fractured infiltration and “soil infiltration” (Vitim) types.

---

<sup>1</sup>Мешалкин Сергей Михайлович, ведущий геолог, тел.: (3952) 391184, e-mail: mtssnami@yandex.ru  
Meshalkin Sergei, Leading Geologist, tel.: (3952) 391184, e-mail: mtssnami@yandex.ru

*Keywords: uranium; black shale strata; Okinsky synclinorium; weathering crusts; formational types of uranium mineralization.*

**Введение.** В административном отношении Окинский синклиний находится на площади Окинского района Республики Бурятии. В настоящее время район интенсивно развивается экономически. Здесь проведены линии электропередач и автомобильная дорога хорошего качества п. Монды – п. Орлик (райцентр Окинского района), имеются многочисленные подъезды и тракторные пролазы практически по всем основным речным долинам. В районе известен ряд золоторудных месторождений, некоторые из них эксплуатируются или подготавливаются к освоению: Зун-Холбинское, Водораздельное, Коневинское и др. Перспективы промышленного освоения района и дальнейшего развития горнодобывающей отрасли довольно высоки, поэтому вопрос расширения минерально-сырьевой базы различных полезных ископаемых, в первую очередь урана и золота, является важным как для Окинского района, так и для всей Республики Бурятии.

Площадь Окинского синклинория (5000 км<sup>2</sup>) представляет собой высокогорное плато (абсолютные отметки составляют 1500–2000 м). Мощность рыхлых отложений – 2–6 м, а в троговых долинах – более 20 м.

Вся площадь Окинского синклинория закрыта государственной геологической съемкой масштабов 1:200000–1:50000, аэрогамма-спектрометрической съемкой масштаба 1:50000. В результате АГСМ-поисков выделено две области аэроаномалий: Ботогольская и Ока-Тустукская. При наземной проверке выявлено три рудопроявления урана и большое количество радиоактивных аномалий. Все рудопроявления и большая часть аномалий связаны с черносланцевой толщей дабанжалгинской свиты.

В 1983 г. на площади Окинского синклинория при проведении геологосъемочных работ выявлено рудо-

проявление Базальтовое, связанное с озерно-болотными отложениями, перекрытыми неогеновым покровом базальтов.

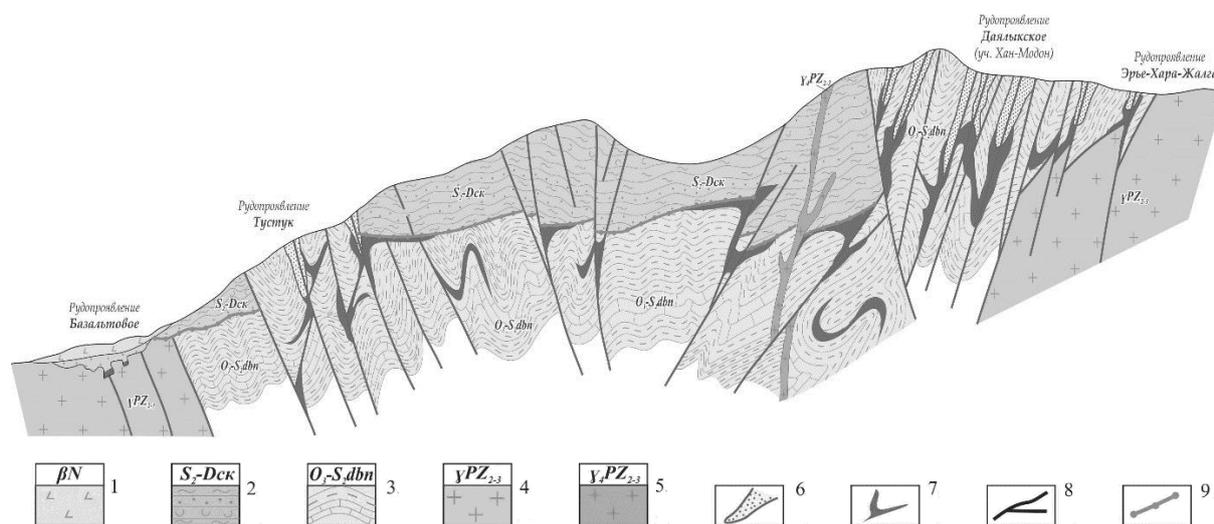
Специализированные работы на уран в Окинском синклинории проведены подразделениями ПГО «Бурятгеология», «Сосновгеология» (СПГО), геологическими институтами БФ СО АН СССР, ВОСТСИБНИИГИМС и ВСЕГЕИ.

Наиболее значительной работой по оценке ураноносности Окинского синклинория является работа ПГО «Сосновгеология» (Л.А. Коршунов, 1987). На основе анализа поисковых критериев и признаков Окинский синклинорий был отнесен к числу малоперспективных районов на выявление здесь крупных месторождений урана. С 1987 г. на территории синклинория никаких работ на уран не проводилось.

**Краткая геологическая характеристика.** Территория Окинского синклинория располагается вблизи южной границы Сибирской платформы с Саяно-Байкальской складчатой областью. С севера она ограничена Главным Саянским разломом, с юга – Гарганской глыбой архея. В геологическом строении синклинория принимают участие карбонатные и терригенно-вулканогенные породы кембрия, ордовика и силура (рисунок).

Продуктивная черносланцевая толща выделена в самостоятельную дабанжалгинскую свиту ордовикско-силурийского возраста (А.М. Рогачев, 1980). Образования дабанжалгинской свиты, отмеченные в бассейнах рек Большая Белая, Даялык, Яхошоп, Хоньчин, относятся к углеродисто-кремнисто-карбонатной формации.

По литолого-петрографическому составу и строению свита разделяется на две части. Нижняя часть сложена преимущественно битуминозными



**Схема размещения рудных тел в разрезе пород Окинскогo синклинория:**

1 — платобазальты; 2 — окинская серия (песчаники, конгломераты, туфы, глинисто-углистые сланцы); 3 — дабанжалгинская свита (углерод-кремнистые сланцы с горизонтами карбонатных пород); 4 — гранитоиды огнитского комплекса; 5 — дайковый комплекс (сиениты, сиенит-порфиры); 6 — ураноносные коры выветривания; 7 — урановорудные тела; 8 — разломы; 9 — межформационные срывы (зона несогласия)

известняками с горизонтами карбонатных песчаников и брекчий, с прослоями и линзами черных кремнистых пород. Вверх по разрезу количество и мощность горизонтов черных сланцев возрастает, верхняя часть свиты сложена углеродисто-кремнистыми породами и углеродисто-кремнисто-глинистыми и углеродисто-глинистыми сланцами с маломощными прослоями туфов, туффитов и эффузивов кислого состава. Мощность свиты составляет 450–700 м.

В черных сланцах углеродисто-кремнисто-карбонатной формации отмечаются высокие концентрации ряда элементов (коэффициент концентрации  $KK = 4,5–26,3$ ): урана (среднее содержание 14,3 г/т), серебра (2,6 г/т), молибдена (33 г/т), ванадия (630 г/т), в меньшей степени мышьяка (50 г/т) и меди (82 г/т).

Дабанжалгинская свита несогласно перекрывается вулканогенно-терригенными отложениями окинской серии, в которых среднее содержание урана составляет 0,78 г/т.

Интрузивные образования, развитые на периферии синклинория, представлены различными по составу и возрасту породами, в размещении которых главную роль играют дизъюнктивные

нарушения. Специализированными на уран являются только образования огнитского комплекса (3–4 фазы) среднепалеозойского возраста с содержаниями урана 3,0–6,7 г/т.

В структурном плане известные рудопроявления урана и большинство радиоактивных аномалий приурочены к северной и северо-восточным частям Окинскогo синклинория. Они тяготеют к разрывным нарушениям близширотного, северо-восточного и северо-западного простирания – Яматинскому, Хайт-Бельскому, Сенца-Хоньчинскому, Северо-Восточному и Иркутному разломам.

Геологическое строение и характер ураноносности площади Окинскогo синклинория сходны с известными урановорудными районами других стран: Ронненбургским рудным полем (Германия), Ауминза-Бельтаусским и Бунактаузским, рудными районами в Центрально-Кызылкумской провинции (Узбекистан, Казахстан), где имеются промышленные урановые, уран-ванадиевые и уран-молибден-ванадиевые месторождения в черных сланцах. Для всех этих районов, в том числе и для Окинскогo синклинория, характерна

зеленосланцевая фация регионального метаморфизма, наиболее благоприятная для высвобождения значительной массы урана из черносланцевой толщи и формирования его метаморфогенных концентраций. Интенсивно проявленная во всех этих районах поздняя тектономагматическая активизация способствовала формированию рудных месторождений.

**Рудоносность района.** На изученной территории Окинского синклинория в процессе проведения работ ПГО «Сосновгеология» выделены три перспективные площади, в пределах которых возможно выявление мелких месторождений урана с бедными рудами, средних и крупных комплексных уран-молибден-ванадиево-серебряных месторождений.

Ниже приводится краткая характеристика урановых рудопроявлений Окинского синклинория с целью переоценки перспектив ураноносности района (см. рисунок).

*Рудопроявление Эрье-Хара-Жалгинское* выявлено в 1979 г. Тустукской партией ПГО «Бурятгеология» в ходе геолого-съёмочных работ. Радиоактивность от 60 до 1200 мкР/ч приурочена к углерод-кремнистым сланцам дабанжалгинской свиты. Содержание урана в штучных пробах варьировало от 0,05 до 0,48%.

Канавами, вскрывшими замковые части мелких антиклинальных складок в пачке сланцев мощностью 10–15 м, выделены и прослежены по простиранию два ураноносных горизонта линзовидно-пластовой формы северо-западного простирания. Мощность горизонтов – 2–6,5 м и 0,6–2 м, протяженность – 160 и 190 м соответственно. По данным бороздового опробования выделены рудные сечения мощностью 2,3 и 0,8 м с содержанием урана 0,053 и 0,05%.

Распределение урана в породе тонкослоистое, гнездово-вкрапленное. Уран представлен дисперсной формой и связан с углеродистым веществом. По

плоскостям трещин развиты уранофан, карнотит, метаторбернит.

Кроме урана сланцы содержат молибден (0,02–0,6%), ванадий (0,05–2%), золото (0,1–2 г/т). Возраст оруденения по результатам изотопного анализа – 420–460 млн лет.

Рудопроявление признано перспективным и рекомендовано для дальнейшего изучения, однако детальных работ на рудопроявлении не проводилось.

*Рудопроявление Базальтовое* в геолого-структурном плане приурочено к Ринчин-Хунбинскому гранитоидному массиву, прорывающему терригенно-карбонатные отложения окинской серии.

Верхний структурный этаж составляют озерные отложения миоценового возраста и бронирующие их сверху платобазальты неоген-четвертичного возраста. Озерные отложения выполняют палеодолину, огибающую гранитоидный массив с юга. Установленная на настоящее время площадь ураноносной структуры – 6 км<sup>2</sup>. Оруденение локализовано в озерных песчано-алевритовых отложениях и приурочено к верхней части разреза, обогащенного углефицированными растительными остатками.

Рудоносный горизонт, выделенный по бортовому содержанию 0,01%, залегает на глубинах от 1,5 до 7,0 м. Содержания урана варьируют от 0,01 до 0,1%, среднее равно 0,053% на мощность 3,5 м. Руды представлены урановыми чернями и вторичными минералами урана. Рудное тело пластово-линзовидной формы. Возраст оруденения датируется не древнее миоцена.

Рудопроявление Базальтовое признано перспективным и рекомендовано для постановки поисково-оценочных работ. Следует отметить, что площадь базальтов, развитых на левобережье р. Оки, перекрывающих древний донеогеновый рельеф, – не менее 400 км<sup>2</sup>. По морфометрическому анализу под базальтами выделяется несколько крупных речных палеодолин с притоками.

Район заслуживает пристального внимания для поисков гидрогенного оруденения витимского типа [1].

*Рудопоявление Даялыкское (участок Хан-Модон)* расположено в междуречье Даялыка – Сааган Бильчира. Участок расположен в северном борту Окинского синклинория и находится на южном крыле Хан-Модонской антиклинальной структуры второго порядка, в зоне влияния Сенца-Хоньчинского субширотного глубинного разлома. В строении участка принимают участие образования углеродисто-кремнисто-карбонатной и песчано-глинистой формаций, представленные породами дабанжалгинской свиты, вулканогенно-терригенной толщей окинской серии, и гранитоиды среднепалеозойского возраста.

Урановое оруденение локализовано в субширотных зонах дробления, сопровождающихся корами выветривания. На настоящее время установлено семь ураноносных зон, длина их от 0,6 до 1,5 км, мощность – от 1,5 до 50 м. К ним приурочены ореолы повышенной и аномальной радиоактивности, высоких концентраций радона, а также вторичные ореолы урана. С урановыми ореолами пространственно совпадают ореолы с аномальными содержаниями ванадия, молибдена, серебра, меди, цинка, мышьяка и сурьмы.

Наиболее изученной является зона № 1 субширотной ориентировки с падением на север под углом 40–60°. Длина ее – 1,5 км, мощность рудоносной структуры – 30–50 м. Зона состоит из послойных, реже секущих швов интенсивного дробления, участков расщепления, милонитизации, катаклаза и брекчирования. По дробленным породам развита кора выветривания, представленная глиноподобным материалом белесой и бурой окраски. Встречаются участки окварцованных пород (вторичные кварциты?). В зоне № 1 установлено бедное и убогое оруденение. Канавами вскрыто пять рудных участков. Рудные

тела представлены сближенными линзами. Параметры рудных тел: протяженность – от 70 до 360 м, мощность – 1–2,5 м, содержание урана – 0,05–0,073%. Суммарная длина рудных тел в зоне № 1 составляет 850 м при средней мощности 1,25 м и среднем содержании урана 0,058%.

Рудные тела в зонах № 2–7, представленные убогим оруденением, вскрыты канавами. Суммарная длина изученной части рудных тел составляет 1170 м при средней мощности 4,2 м и среднем содержании урана 0,025%. Все структуры с урановым оруденением по простиранию не оконтурены, по падению не изучались.

По всем рудным зонам развиты линейные коры выветривания. Швы выполнены желто-бурым глиноподобным материалом. Отмечаются окварцевание, серицитизация, гидрослюдизация, карбонатизация и сульфидизация. Сульфидная минерализация представлена пиритом, молибденитом, пирротинном, халькопиритом, блеклыми рудами, сфалеритом, халькозином и ковеллином.

В ураноносных зонах отмечаются высокие содержания ванадия (до 0,4%), молибдена (до 1%), серебра (до 14 г/т), меди (до 0,2%), цинка (до 0,2%), золота (до 2–6 г/т).

Новообразования коры выветривания представлены каолином, лимонитом, окислами марганца, гетитом, ярозитом, аллофаном, ферримолибдитом, азуритом, фольбортитом, урановыми чернями, сенджеритом, скупитом и тюямунитом.

Первичная урановая минерализация: настуран (?) и уранинит, которые в виде мелких кристаллов (сотые доли мм) присутствуют в окварцованных углеродисто-кремнистых сланцах и ассоциируют с сульфидами.

Глубина развития коры выветривания (зоны окисления) не установлена, но по косвенным признакам (местному базису эрозии) оценивается не менее чем в 200 м.

Бедное и убогое оруденение, связанное с корами выветривания и развитое по субширотным зонам дробления, отнесено к трещинно-инфильтрационному типу.

Факторы, определяющие формирование рудных залежей на участке Хан-Модон, являются, с одной стороны, типичными для объектов черносланцевой формации, а с другой – специфичными.

Специфичность выражена в наличии мощных линейных кор выветривания с содержанием урана от 0,02 до 0,086%, ванадия – до 2%, молибдена – до 0,4%, серебра – до 18 г/т. На глубине возможны интенсивные проявления эпигенетических восстановительных процессов. Контрастный окислительно-восстановительный барьер может быть обусловлен большим количеством углеродистого материала и тонкораспыленного органического вещества и др.

Возраст переотложенных руд с чернями и гидронастураном (?) составляет по данным изотопного анализа 35–50 млн лет и может быть датирован верхним эоценом.

Для однозначной оценки уранового оруденения на участке Хан-Модон предлагается проведение буровых работ.

*Рудопроявление Тустук (участок Тустук)* расположено в бассейнах рек Хурай-Жалга и Дабан-Жалга. Вершины водоразделов сглажены, верхние части их склонов крутые, нижние – пологие.

Площадь участка включает рудопроявление Тустук, ряд аномалий и проявления урана.

В геолого-структурном плане участок расположен по южном борту Окинско-синклинория, в зоне влияния Яматинского глубинного разлома северо-восточной ориентировки. В его строении принимают участие образования углеродисто-кремнисто-карбонатной, песчано-глинистой и андезит-диабазовой формаций, представленных породами дабанжалгинской

свиты и терригенно-вулканогенной толщей окинской серии.

Урановое оруденение локализовано в черных сланцах, образующих продуктивную пачку мощностью 100–200 м, представленную чередованием углеродисто-кремнисто-глинистых и углеродисто-кремнистых разностей. Продуктивная пачка прослеживается за пределы участка на север, северо-восток и юго-запад. Для пачки характерна повышенная и аномальная радиоактивность, высокие концентрации радона и вторичные ореолы рассеяния урана с аномальными содержаниями.

Продуктивная пачка пород изучена редкой сетью канав (5 выработок), пройденных в разных частях участка. Установлено одно рудное тело с бедным и семь – с убогим урановым оруденением. Форма их разнообразная, залегание – согласное с вмещающими породами. По падению рудные тела не изучались, а по простиранию не оконтурены.

Урановое оруденение локализовано в горизонтах листоватых (рассланцованных?) углерод-глинисто-кремнистых сланцев, залегающих в подошве и кровле доломитовых пластов и превращенных в зоне гипергенеза в щебнисто-глинистый сажистый материал.

Рудное тело с бедным урановым оруденением (0,0812% на мощность 0,7 м) вскрыто на левом склоне р. Хурай-Жалга. На водоразделе рек Дабан-Жалга и Хурай-Жалга вскрыто семь линз с убогим и бедным урановым оруденением. Содержание урана в них колеблется от 0,01 до 0,07% на мощность 0,5–1,5 м. Рудные тела приурочены к кровле и подошве доломитовых горизонтов в замковой части синклинальной складки. Помимо урана в черных сланцах отмечаются аномальные содержания ванадия (0,1–1%), молибдена (0,01–0,4%), серебра (1–80 г/т), золота (0,2–0,8 г/т).

Полученные данные по рудоносности черных сланцев позволяют рассматривать их как комплексные руды, приуроченные к продуктивной пачке

субширотного простирания. Площадь ее составляет не менее 3000 м<sup>2</sup>.

Прогнозные ресурсы категории Р<sub>2</sub> свидетельствуют (Л.А. Коршунов, 1987) о наличии на участке Тустук мелкого месторождения урана и среднего, возможно, крупного комплексного месторождения уран-молибден-ванадий-серебряных руд.

По зонам рассланцевания, внутриформационным срывам в оруденелых черных сланцах продуктивной пачки развиты линейные коры выветривания, представленные сажистым щебенисто-глинистым материалом. С ними связано незначительное распределение первичных урановых руд. По трещинам и пустотам выщелачивания развиты лимонит, аллофан, гетит, ярозит, азурит, малахит, фольбортит, тюямунит, сенджерит. Кроме вторичных минералов сорбированный уран находится в глинистом веществе, гидроокислах железа и марганца. Характер залегания кор выветривания участка Тустук на глубине не изучен.

Следует учитывать, что часто зона окисления (по падению) в корях выветривания сменяется зоной цементации с новообразованием пирита, марказита, халькопирита и урановых минералов. Решающую роль в формировании полигенных месторождений, выявленных в ураново-рудных районах территорий Казахстана, Узбекистана и Германии, играют углеродистые сланцы, которые являются не только источником рудного вещества при мобилизации урана, но и восстановителями при его осаждении [2, 3].

**Перспективы ураноносности Окинско-синклинория.** В процессе работ ПГО «Сосновгеология» в 1982–1986 гг. на отдельных участках выполнены геолого-радиометрические поиски масштабов 1:25000–1:10000, металлотрическое опробование, шпуровые поиски, гамма-спектрометрическое опробование, эманионная съемка (САН), пройдены горные выработки (канавы).

Несмотря на значительные объемы проведенных работ, на площади Окинско-синклинория для оценки уранового оруденения не пробурено ни одной скважины, не изучено поведение слабо проявленного уранового оруденения на глубину.

Не изучалась, к сожалению, ураноносность зон стратиграфического несогласия и кор выветривания ниже зоны грунтового окисления. Не оценена возможность выявления в Окинском синклинории промышленных объектов в зоне «формационного срыва», на контакте пород черносланцевой толщи дабанжалгинской свиты и вулканогенно-терригенных пород окинской серии.

Перспективы обнаружения промышленного уранового оруденения в глинисто-песчаных отложениях, перекрытых покровами базальтов (рудопроявление Базальтовое), не ясны. Требуется проведение специальных исследований с применением бурения.

При сравнении закономерностей локализации уранового оруденения Окинско-синклинория, Ронненбургского рудного поля и Центрально-Кызылкумского района Л.А. Коршунов и др. (1987) отмечают сходство рудных формаций и условий локализации уранового оруденения рассматриваемых районов по большинству признаков. По мнению этих авторов, отрицательными факторами формирования промышленного оруденения в Окинском районе являются низкие показатели подвижного урана в углеродистых сланцах (40% и менее), слабая проявленность гидротермально-метасоматических процессов, слабая гетерогенность разреза, отсутствие ярких аномалий по гидрохимическому опробованию и др.

Внимательно изучив весь имеющийся фактический материал по геологии и ураноносности Окинско-синклинория и сравнив его с материалом урановорудных районов мира, где имеются месторождения урана, связанные с черносланцевыми формациями [3], автор данной статьи считает возможным

полагать, что выводы по оценке промышленной значимости территории Окинского синклинория, сделанные предшественниками, некорректны.

Указанные выше авторы ссылаются на низкие содержания валового и свободного урана в черносланцевой формации Окинского синклинория, однако они незначительно уступают такому в известных урановорудных районах (Германия, Казахстан, Узбекистан). Определений содержания валового и свободного урана, выполненных в лаборатории СПГО, очень мало, то есть сделанный вывод статистически не подкреплен.

Одним из отрицательных факторов, как считают Л.А. Коршунов и др. (1987), являются низкие показатели урана в стоке рек и их притоков. Проведенное гидрохимическое мелко-масштабное опробование Окинского синклинория оказалось малоинформативным, потому что в условиях высокогорья химическое выветривание замедлено и вынос урана в воды района практически не происходит, хотя на участках рудопроявлений содержание урана в воде колеблется от 1,6 до 3,2 мкг/л.

Расчеты прогнозных ресурсов урана в пределах Окинского синклинория, сделанные указанными выше авторами по аналогии с рудными районами Забайкалья, некорректны, так как это абсолютно разные по геологическому строению и процессам рудообразования территории. Методика прогнозирования и выделения рудных районов черносланцевых формаций специфична.

В то же время Л.А. Коршунов, отбрав площадь Окинского синклинория в целом, выделил перспективные площади первой и второй очередей.

Следует отметить, что предыдущими исследователями очень мало внимания уделено вопросам рудоконтроля линейными корами выветривания. Масштабность, условия формирования линейных кор выветривания, проявленность гидротермально-метасоматических изменений в

них, особенно кварц-сульфидных, характерных для известных урановорудных районов, связанных с черносланцевыми формациями, свидетельствуют о высоких перспективах ураноносности кор выветривания района. Необходимо учитывать, что гидротермально-метасоматические изменения пород в корях выветривания затушеваны процессами гипергенеза.

Минералого-геохимические особенности урановых рудопроявлений Окинского синклинория и некоторых радиоактивных аномалий, по данным В.П. Роговой (СПГО), включают разнообразные типы измененных пород, сопровождаемые повышенными содержаниями урана: скарнирование, грейзенизация, пропилитизация, вторичные кварциты, гидрослюдизация. Эти изменения связаны с проявлением разновозрастных процессов: вулканогенных на этапах осадконакопления и диагенеза, гидротермальных и гипергенетических, которые способствовали многократному перераспределению урана и других элементов. Вторичные кварциты картируются в виде протяженных горизонтов, приуроченных к тектонически ослабленным зонам. Гидротермальные изменения представлены прожилковым окварцеванием, карбонатизацией, гидрослюдизацией, слабой флюоритизацией, гематитизацией и сульфидной минерализацией. Первичная урановая минерализация (уранинит) установлена в углеродистом веществе в тонкодисперсной форме и в виде мелкой вкрапленности в окварцованных породах и ассоциирует с молибденитом, сульфидами меди и цинка. Гипергенная минерализация представлена сенжьеритом, тьюмунитом, склодовскитом, лимонитом, азуритом, малахитом, фольбортитом, урановыми чернями.

Анализ фактического материала по ураноносности Окинского синклинория позволяет сделать вывод о недостаточной изученности площади на уран, особенно при отсутствии данных о по-

ведении уранового оруденения на глубине. Выполнен незначительный объем площадных наземных геофизических и горных работ, не проводилось бурения при оценке рудопоявлений урана Даялыкское, Тустук, Эрье-Хара-Жалга и Базальтовое.

Как известно, для ряда месторождений, связанных с черносланцевыми толщами Ауминза-Бельтаусского района, Роннебургского рудного поля [1, 3] и некоторых других районов мира, установлено, что урановое оруденение, слабо проявленное с поверхности, характеризуется резким возрастанием концентраций урана с глубиной. Не исключено, что с глубиной может иметь место увеличение интенсивности уранового оруденения и на урановых объектах в Окинском синклиории.

Известно, что при формировании кор выветривания происходит перераспределение радиоактивных элементов, приводящее как к их выносу, так и накоплению. Вынос урана из пород значительно опережает их глубокое химическое изменение. В процессе окисления уран может растворяться грунтовыми водами, просачивается вниз по линейным корам выветривания и вновь отлагается ниже уровня грунтовых вод, образуя зону «вторичного обогащения» (В.И. Смирнов, 1978).

Доказано, что в верхнем (каолинитовом) горизонте кор выветривания, как правило, фиксируются невысокие содержания урана и радия. В монтмориллонитовом горизонте концентрация урана увеличивается. В гидрослюдисто-каолинитовом горизонте (среднем) фиксируются повышенные содержания урана, радия. В среднем горизонте урана больше всего, что объясняется сорбцией урана гидрослюдистым, гидрохлоритовым и монтмориллонитовым материалом. Происходит обогащение и другими элементами: молибденом, ванадием, медью, цинком и свинцом.

Легкоподвижный уран легко транспортируется и образует горизонты с высоким содержанием сорбционно-

связанных его концентраций. Ниже, под зоной окисления, на геохимических барьерах образуются черниевосульфидные руды. На восстановительном геохимическом барьере в линейных корах выветривания могут формироваться крупные урановые залежи. Такие месторождения широко распространены в породах с повышенным и высоким содержанием урана, каковыми являются черносланцевые толщи.

Коры выветривания играют важную роль в формировании инфильтрационного уранового оруденения на многих месторождениях. Так, на урановых объектах Узбекистана (Джантуар, Косчека, Рудное) и Роннебургского рудного поля отмечаются линейные коры выветривания, развитые в породах черносланцевой формации. Некоторые исследователи связывают промышленные концентрации урана с линейными кора́ми выветривания и относят их к подклассу трещинно-инфильтрационных месторождений [1]. Породы этой формации изначально были обогащены ураном, ванадием, молибденом и другими рудными компонентами, что и предопределило формирование трещинно-инфильтрационного оруденения.

Рудные залежи сложной морфологии на некоторых месторождениях черносланцевой формации располагаются, как правило, ниже зоны окисления.

На некоторых месторождениях Узбекистана (Джантуар, Косчека и др.) значительную роль играл восстановительный барьер, вследствие чего на глубине преобладают настурановые руды с сульфидами и оксидами ванадия [1].

В формировании кор выветривания Окинского синклиория участвуют разрывные нарушения, контролируемые так называемые линейные коры. К коровым процессам следует относить концентрацию элементов в приповерхностных зонах окисления и цементации. В корах выветривания идет разложение материнских пород и первичных рудных скоплений, вынос легкорастворимых соединений, а затем вторичное

концентрирование ряда минералов и рудных компонентов в зонах восстановления (цементации).

Как известно, основными факторами, контролирующими формирование ураноносных кор выветривания, являются:

– геоморфологические – строение и формирование кор выветривания в определенных зонах рельефа;

– геологические – литология, степень метаморфизма пород, условия их залегания, характер их нарушенности, наличие зон метасоматитов, сульфидизации и т.д.;

– геохимические – состав пород и их металлогеническая специализация, так как известно, что продуктивный профиль ураноносной коры выветривания развивается только по породам, обогащенным ураном.

Все вышеперечисленные факторы применимы и к территории Окинско-синклинория.

На всех известных урановых объектах установлена эмпирическая связь урановых месторождений гидротермального, гидрогенного и метаморфогенного генезиса с черносланцевой формацией, поэтому некоторые исследователи считают их полигенными. Хорошо известна аккумулярующая способность черных сланцев для ряда элементов, таких как уран, ванадий, молибден, золото, марганец, серебро и др. Некоторые исследователи (Г.В. Нехорошев, Л.А. Гецева и др.) считают, что черные сланцы являются источником урана для его эпигенетических концентраций. По их данным в черносланцевых толщах заключено огромное количество рассеянного эпигенетического урана, причем 60% его находится в подвижной легкоизвлекаемой форме.

**Выводы.** Таким образом, к настоящему времени на территории Окинско-синклинория известны четыре рудопроявления урана: Даялыкское, Тустук, Эрье-Хара-Жалга и Базальтовое, более ста наземных радиоактивных аномалий и порядка семидесяти аэрогамма-

спектрометрических аномалий и аномальных «точек».

1. Наиболее перспективным типом является минерализация осадочно-метаморфогенной природы, известная в черносланцевых отложениях дабанжалгинской свиты. Минерализация урановой природы с содержанием урана от 0,02 до 0,08% (на отдельных участках до 0,1–0,5%) при содержании тория не более 0,004% локализована в углеродисто-кремнистых, углеродисто-глинисто-кремнистых сланцах. Наиболее высокие концентрации металла тяготеют к замкам складок, флексуобразным изгибам, областям повышенной трещиноватости, рассланцевания и послойным срывам. Уран представлен гидроокислами в дисперсной форме, часто в ассоциации с молибденом, ванадием, и связан с органическим веществом. По плоскостям трещин и кавернам развиты вторичные минералы: уранофан, карнотит и метаторбернит.

Концентрации молибдена, ванадия и фосфора часто достигают промышленных значений. Мощность продуктивных горизонтов колеблется от десятков до первых сотен метров. В настоящее время на изучаемой площади известны два рудопроявления уран-молибден-ванадиевых руд осадочно-метаморфогенного типа: Тустук и Эрье-Хара-Жалга.

2. Минерализация в линейных корях выветривания представляет второй перспективный тип инфильтрационного оруденения. Рудоносные коры выветривания линейного типа развиты по кремнисто-карбонатным образованиям дабанжалгинской свиты вдоль зон тектонических нарушений. Минерализация урановой природы связана с наличием вторичных уран-ванадиевых минералов – туюмунита, сенжьерита, фольбортита, скупита – и гипергенных урансодержащих марганца и железа. Содержание урана варьирует от 0,01 до 0,073%. Источником металла, по видимому, служило оруденение в осадочно-метаморфогенных толщах, на

которые накладываются коры выветривания. Помимо урана в них отмечаются аномальные концентрации молибдена (до 0,05%), ванадия (до 1%), цинка (до 1%), меди (до 0,15%), серебра (до 20 г/т), фосфора (до 32%), золота (до 2–6 г/т).

Примером оруденения этого типа является рудопоявление Даялыкское. Урановая минерализация в корях выветривания не получила окончательной оценки и заслуживает детального изучения на глубину.

3. Одним из перспективных направлений выявления урановых месторождений гидрогенного генезиса является открытие на периферии Окинского синклиория Базальтового рудопоявления – аналога «грунтово-инфильтрационных» месторождений витимского типа. Проведение поисково-оценочных работ в этом районе может привести к выявлению группы месторождений урана этого типа под платобазальтами левобережья р. Оки.

4. Общие критерии, определяющие перспективность района на выявление урановых месторождений, следующие:

- сложная структура Окинского синклиория, представленного черносланцевой толщей с горизонтами сульфидизированных карбонатных пород, прорванных палеозойскими гранитоидами;

- наличие многочисленных разрывных нарушений, являющихся каналами для проникновения гидротермальных растворов и способствующих образованию линейных кор выветривания, в которых могли формироваться урановые месторождения сложных штокверкообразных залежей в зоне восстановления (цементации) ниже уровня грунтовых вод;

- наличие многочисленных палеорек с притоками, что картируется по данным морфоструктурного анализа под покровами неогеновых базальтов.

5. Основные направления геолого-разведочных работ в Окинском синклиории определяются исходя из приведенной выше геолого-металлогенической характеристики. Уровень изученности площади позволяет уже на стадии разработки проектного решения и проектирования дифференцировать территорию, наметить первоочередные участки для проведения разномасштабных поисков и ревизионных работ.

При выборе площадей и методов поисков необходимо учитывать основные предпосылки и признаки проявления уранового оруденения:

- все известные участки урановых рудопоявлений и многочисленные радиоактивные аномалии приурочены к породам черносланцевой толщи, к контактам их с терригенно-карбонатными породами и к линейным корам выветривания;

- оруденение сопровождается зонами гидротермально-метасоматических изменений и мощными зонами гипергенеза;

- урановое оруденение сопровождается повышенными и аномальными содержаниями ванадия, молибдена, меди, цинка, реже серебра, фосфора, мышьяка, сурьмы, золота;

- в краевых зонах Окинского синклиория процессы окисления пород проходят наиболее интенсивно по зонам тектонических нарушений;

- контрастными геохимическими барьерами являются породы, обогащенные сульфидами, органическим веществом угольного, битумного или графитового рядов.

В соответствии с этим для успешного осуществления поисков в составе поисково-оценочных работ целесообразно предусмотреть следующий комплекс методов: комплексную аэрогеодинамическую съемку (масштаба 1:50000) с объемным моделированием; эманационные, радиометрические и шпуровые методы; поисковое бурение.

**Библиографический список**

1. Кисляков Я.М., Щеточкин В.Н. Гидрогенное рудообразование. М.: Геоинформарк, 2000. 680 с.
2. Мирходжаев Б.И. Геолого-промышленные типы урановых месторождений // Известия Томского политехнического университета. 2010. № 1 (317). С. 42–45.
3. Тарханов А.В., Бугриева Е.П. Крупнейшие урановые месторождения мира // Минеральное сырье. 2012. № 27. С. 71–73.

*Статья поступила 04.02.2015 г.*