



УРАНОНОСНОСТЬ ЗОН СТРУКТУРНО-СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ НЕСОГЛАСИЙ МЕЖДУ ПЛАТФОРМЕННЫМИ И МЕТАМОРФИЧЕСКИМИ ОБРАЗОВАНИЯМИ ИДЮМО-ХАЙКАНСКОГО КУПОЛА АЛДАНСКОГО ЩИТА

Рассмотрены основные критерии локализации урановых проявлений по периферии Идюмо-Хайканского купола палеопротерозойских метаморфических пород Алдано-Станового щита Сибирской платформы в сопоставлении с урановыми месторождениями провинции Атабаска Канады. Как и в Канаде, они локализуются в зонах структурно-стратиграфического несогласия в мезопротерозойских осадочных образованиях и графитсодержащих гнейсах фундамента. Рудообразованию предшествовал интенсивный процесс калиевого метасоматоза в зоне структурно-стратиграфического несогласия, затрагивающего породы осадочного чехла и метаморфического фундамента, развитого по периферии Идюмо-Хайканского купола. Рудные зоны сопровождаются аргиллизацией, хлоритизацией и карбонатизацией вмещающих пород и интенсивными геохимическими ореолами Mo, Ag, As, Ni, Co, V, Pb, Zn. По этим признакам они сходны с месторождениями несогласия провинции Атабаска. Выделены Толукская, Беглянская и Аимо-Токинская рудо-концентрирующие зоны, контролирующие все известные урановые проявления. Возраст урановой минерализации $(1341 \pm 17) - (1142 \pm 28)$ млн лет.

Ключевые слова: Сибирская платформа, Идюмо-Хайканский купол, палеопротерозой, мезопротерозой, зоны структурно-стратиграфического несогласия, калиевый метасоматоз, ураноносность, аргиллизация, хлоритизация, карбонатизация, космическая радиолокационная съёмка.

В конце XX столетия в Саскачеванской провинции Канады были открыты урановые месторождения несогласия, содержащие подавляющую часть мировых запасов высококачественных урановых руд. Известные месторождения этого типа размещаются в мезопротерозойских внутрикратонных бассейнах Атабаска и Телон площадью более 100 000 км² [9–11]. Обычно месторождения представляют собой урановые концентрации в мезопротерозойских песчаниках в зоне их несогласного контакта с породами палеопротерозойского метаморфического фундамента – пелитовыми, графитовыми и безграфитовыми глинозёмистыми гнейсами с прослоями гранат-кордиерит-силлиманитовых гнейсов, кальцифиров, магнетитовых сланцев. Магматические образования представлены преимущественно телами гранитов и жилами пегматитов. По породам фундамента, как правило, развивается кора выветривания мощностью до 40 м.

Несогласие, пересекающие его разломы и зоны трещиноватости – основной структурный контроль оруденения в региональном и локальном масштабах. Разрывные и трещинные системы

Горошко Михаил Васильевич

доктор геолого-минералогических наук
ведущий научный сотрудник
mikhail.goroshko@yandex.ru

Гильманова Гульшат Забировна

кандидат геолого-минералогических наук
старший научный сотрудник
gigulya@yandex.ru

ФГБУН Институт Тектоники и Геофизики
им. Ю.А.Косыгина ДВО РАН,
г. Хабаровск

преимущественно проходят вдоль простираения слоёв гнейсов и ориентированы в северо-восточном или широтном направлении. Крупные месторождения несогласия окружены ореолом гидротермальных изменений [4], распространяющихся до 200 м вверх по песчаникам и на 100 м вниз в породы фундамента. Ореол изменений в песчаниках характеризуется слабым повышением фоновых содержаний урана и изменением состава глинистого цемента от иллит-каолиникового на полностью иллитовый. По породам фундамента развиваются гидрослюдизация и хлоритизация (магнезиальный хлорит). Месторождения несогласия располагаются в обширных минимумах магнитного поля по геофизическим данным, зонах пониженных сопротивлений по электроразведочным данным и в минимумах гравитационного поля.

Наиболее перспективна на поиски месторождений типа несогласия на Дальнем Востоке России по предварительному анализу – внутрикратонная Учуро-Майская впадина в юго-восточной части Сибирской платформы, площадь которой составляет ~200 000 км².

Целью статьи является обоснование перспектив территории на поиски богатых, высокорентабельных урановых месторождений типа несогласия, аналогичных канадским. Приведены преимущественно результаты исследований, выполненных авторами в южной части Учуро-Майской впадины, при работе по данной проблеме в Таёжном производственном объединении «Урангеологоразведка» и в ИТиГ ДВО РАН.

В региональном аномальном магнитном поле Идюмо-Хайканский купол расположен в пределах северо-западной части Батомга-Майского минимума. В региональном аномальном поле силы тяжести территория купола тяготеет к северной части Тырканского минимума [14]. При более детальных среднемасштабных исследованиях купол и прилегающие к нему территории осадочного чехла характеризуются знакопеременным магнитным полем, что обусловлено различным составом пород купола как выходящего на земную поверхность, так и прослеживаемого под осадками. В аномальном гравитационном поле проявляются более детальные элементы – локальные отрицательные аномалии и зоны линейных градиентов.

Купол сложен метаморфическими породами фёдоровского и тимптоно-джелтулинского структурно-вещественных комплексов. Он со всех сторон окружён породами мезопротерозойского осадочного чехла и только на юго-востоке по субширотному разлому граничит с раннеархейскими метаморфитами Тырканского блока (рис. 1). В состав фёдоровского структурно-вещественного комплекса входят двупироксен-роговообманковые, ди-

турно-вещественных комплексов. Он со всех сторон окружён породами мезопротерозойского осадочного чехла и только на юго-востоке по субширотному разлому граничит с раннеархейскими метаморфитами Тырканского блока (рис. 1). В состав фёдоровского структурно-вещественного комплекса входят двупироксен-роговообманковые, ди-

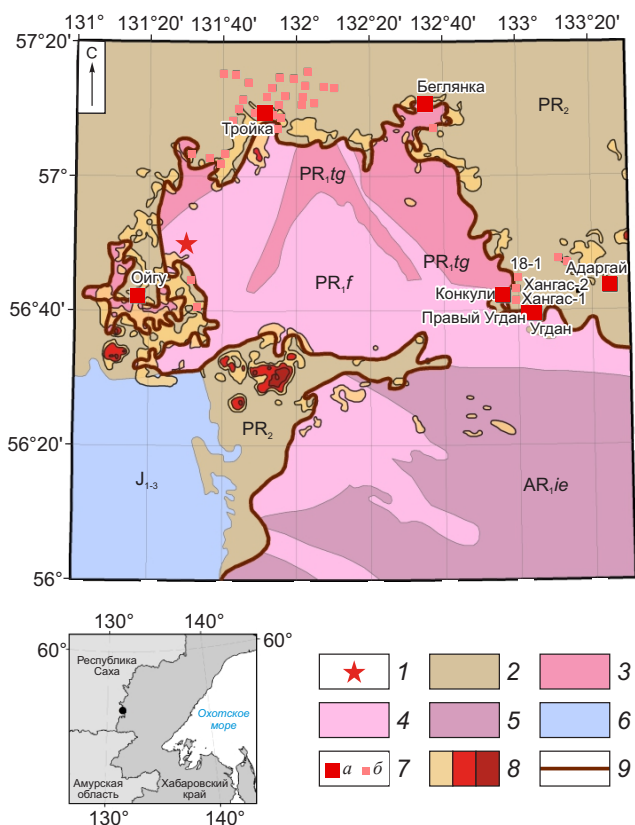


Рис. 1. ПОЛОЖЕНИЕ УРАНОВОРУДНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ В ЗОНЕ СТРУКТУРНО-СТРАТИГРАФИЧЕСКОГО НЕСОГЛАСИЯ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИХ И НЕОПРОТЕРОЗОЙСКИХ КОМПЛЕКСОВ ИДЮМО-ХАЙКАНСКОГО КУПОЛА:

1 – Арбарастахская интрузия ультраосновных щелочных пород; 2 – мезопротерозойский платформенный чехол; палеопротерозойские метаморфические образования: 3 – тимптоно-желтулинский структурно-вещественный комплекс, 4 – фёдоровский структурно-вещественный комплекс; 5 – раннеархейский иенгский структурно-вещественный комплекс; 6 – юрские песчаники, алевролиты с пластами каменного угля; 7 – рудопроявления (а) и радиоактивные аномалии (б) урана в зонах структурно-стратиграфического несогласия; 8 – аномальные ореолы привноса калия по данным аэрогеофизических исследований; 9 – граница зоны структурно-стратиграфического несогласия

опсидовые, биотит-роговообманковые, кварц-диопсид-плагноклазовые, биотит-гранатовые гнейсы с прослоями кальцифиров, мраморов, графитовых и биотит-графит-гранатовых гнейсов. Тимптоно-желтулинский структурно-вещественный комплекс представлен биотит-гиперстеновыми, двупироксеновыми, гранатовыми, силлиманитовыми гнейсами с прослоями мраморов, графитовых гнейсов и сланцев.

По данным А.П.Смелова с соавторами [13], возраст пироксеновых, двупироксеновых, роговообманково-пироксеновых гнейсов и сланцев, гранатовых и силлиманитовых гнейсов, амфиболитов, пириболитов и мраморов, нередко графитсодержащих, Суннагинского и Идюмо-Хайканского блоков (террейнов) раннепротерозойский, а степень их метаморфизма отвечает условиям, переходным от биотит-силлиманит-ортоклазовой к гранат-кордиерит-ортоклазовой субфации гранулитовой фации повышенных давлений ($T=780-820^{\circ}$, $P=7$ Кбар). Sm-Nd датировки плагногнейсов фёдоровской серии 2254–2229 млн лет, гнейсов холбохской свиты этой же серии 2637–2137 млн лет [13].

Метаморфиты Идюмо-Хайканского купола прорваны мелкими телами аляскитовых лейкократовых гранитов нимнырского комплекса и гнейсовидных гранитов (см. рис. 1). Между породами фундамента и платформенным чехлом наблюдается красноцветная кора выветривания мощностью от первых до первых десятков метров [2, 3, 5, 7, 12]. Разрез мезопротерозойского платформенного чехла на описываемой площади представлен породами конкулинской, адаргайской, гонамской, омахтинской и эннинской свит.

Непосредственно на корях выветривания гнейсов фундамента залегают породы конкулинской свиты – темно-красные, сиреневые, розовые грубослоистые полевошпат-кварцевые и аркозовые песчаники, содержащие «плавающие» гальки и прослои гравелитов, алевролитов, аргиллитов, кварцевых песчаников. В основании свиты залегают базальные конгломераты, реже гравелиты и песчаники. Мощность свиты колеблется от 80–100, максимально до 500 м [8]. Породы свиты геохимически специализированы ($K_n=2,5-5,0$) на K, As и Be.

Адаргайская свита объединяет толщу сероцветных карбонатно-терригенных пород, которая согласно залегает на красноцветных конкулинских песчаниках и с разрывом или азимутальным не-

согласием перекрывается конгломератами и песчаниками гонамской свиты. В её составе преобладают переслаивающиеся алевропесчаники, алевролиты, известковистые песчаники, строматолитовые и оолитовые песчаные доломиты. Реже встречаются известняки, литокристаллокластические туфы и косослоистые песчаники. Отмечаются мелкие линзовидные включения фосфатоносных и битуминозных пород, превращённых последующим метаморфизмом в породы карбонат-графит-калишпатового состава с гидрослюдами, каолином, длинночешуйчатым мусковитом. Мощность свиты 20–180 м. Карбонатно-терригенные породы свиты геохимически специализированы на As, K, Ag, Ba, Nb, Mo, Cr и слабо ($K_n=1,5-2,5$) – на Sc, Zr, Pb, V, Y, Co.

Гонамская свита расчленена на три пачки. Нижняя пачка (до 200 м) сложена красноцветными полевошпат-кварцевыми песчаниками с маломощными линзами конгломератов. Разрез средней пачки (до 300 м) начинается тонко переслаивающимися алевролитами, алевропесчаниками и мелкозернистыми песчаниками. Выше по разрезу они сменяются известковистыми песчаниками, мергелями, строматолитовыми доломитами с прослоями мелкозернистых песчаников и алевролитов. Завершается разрез пачкой песчаников, переслаивающимися с алевропесчаниками и известковистыми кварц-полевошпатовыми песчаниками с прослоями с линзами доломитов (50–200 м). Общая мощность свиты 360–700 м [8]. Породы свиты геохимически специализированы на As и Co и слабо – на La, Ba, Be, V, Cr, Y.

Омахтинская свита согласно залегает на породах гонамской. Её нижняя граница проводится по подошве горизонта доломитов и известковистых песчаников. Сложена кварцевыми, реже кварц-полевошпатовыми и известковистыми песчаниками, переслаивающимися со строматолитовыми, оолитовыми и массивными доломитами. Мощность свиты 250–400 м. Породы свиты геохимически интенсивно специализированы на Co и La, специализированы на Ba, Mn, Mo, Cu и слабо – на Ga, Sc, Ag, Yb, V, Cr.

Эннинская свита распространена незначительно. Она согласно, иногда с признаками разрыва, залегает на отложениях омахтинской свиты и сложена серыми, красными, зеленовато-серыми кварцевыми песчаниками. В низах и верхах разреза постоянно присутствуют слои доломитов. Мощность

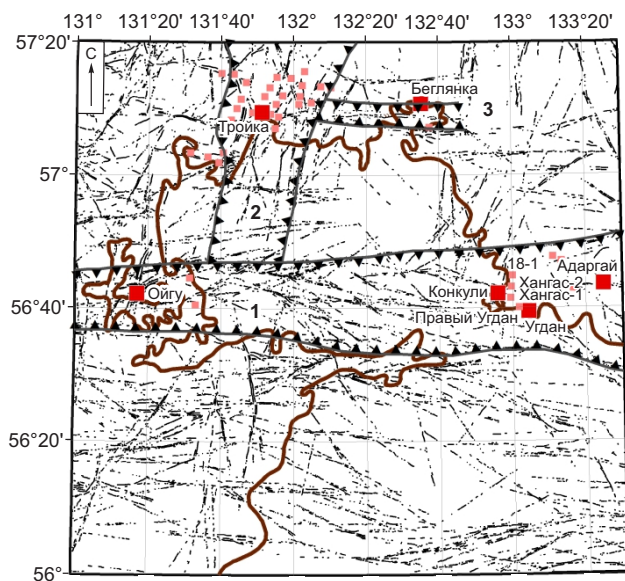


Рис. 2. ПОЛОЖЕНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ УРАНОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ПОЛЕ ЛИНЕАМЕНТНЫХ СТРУКТУР ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ВЫЧИСЛЕННЫХ ПО ПРОГРАММЕ WINLESSA [15]:

зоны интенсивного развития линейных линеаментов: 1 – Толукская, 2 – Аимо-Токинская, 3 – Беглянская; остальные усл. обозн. см. рис. 1

свиты до 160 м. Свита интенсивно специализирована на Mo, специализирована на La и слабо – на As, Co, Yb, Zn.

В южной части Учуро-Майской впадины установлены мезопротерозойские дайки долеритов, трахибазальтов, щелочных базальтоидов, интрузирующие карбонатно-терригенные и осадочные толщи учурской и уянской серий. Их возраст 1166 и 1486 млн лет [1].

Из сопоставления стратиграфических разрезов впадин Атабаска и Учуро-Майской можно сделать вывод о высокой степени сходства их вещественных и возрастных характеристик, что является предпосылкой для формирования на рассматриваемой территории подобного типа месторождений урана (таблица).

Роль разломной тектоники в контроле урановых руд типа несогласия. Анализ развития линеаментных структур (разноранговых разломов) (рис. 2), полученных из цифровых моделей рельефа на основе космических радиолокационных снимков по программе Winlessa [15], показывает, что в Идюмо-Хайканском районе разви-

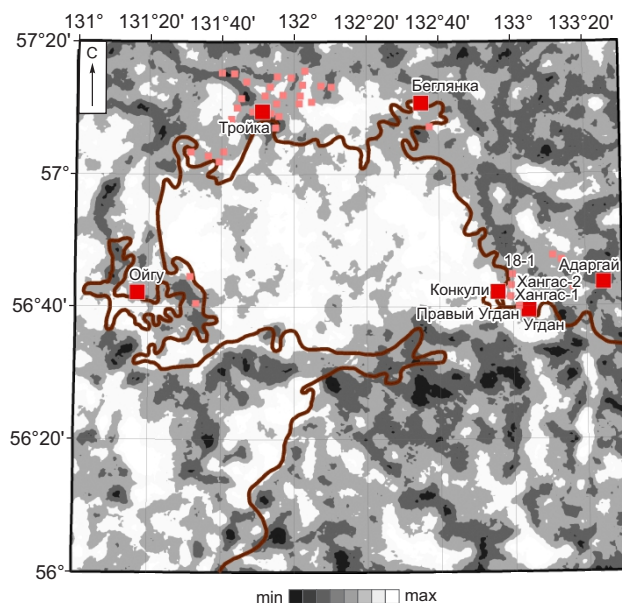


Рис. 3. ПОЛОЖЕНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ УРАНОВОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ В ПОЛЕ ПЛОТНОСТИ ВЫЧИСЛЕННЫХ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЛИНЕАМЕНТОВ (степень деструкции приповерхностной части земной коры), ПО ПРОГРАММЕ WINLESSA [15]:

усл. обозн. см. рис. 1

ты разрывные структуры: субширотные, северо-западные, северо-восточные и субмеридиональные (рис. 3; см. рис. 2). Урановая минерализация развита не равномерно по площади, а концентрируется в зонах сгущения линеаментов определённого направления: Толукской и Беглянкой субширотных и Аимо-Токинской субмеридиональной. Крупнейшая из них – Толукская субширотная зона разломов шириной 20–30 км, протягивающаяся через всю площадь бассейна р. Толук в бассейн р. Уян. Эта система разломов носит сбросо-сдвиговый характер, причём движение по зоне происходило с запада на восток. Зоны разломов северо-западного простирания вблизи зоны Толукских разломов постепенно подворачиваются в юго-восточном направлении, плавно меняя своё простирание на субширотное и широтное, что говорит о важной роли субширотных разломов в тектонике района. Толукской зоной контролируется подавляющее большинство урановых рудопоявлений района.

Аимо-Токинская система разломов выделена нами впервые. Зона шириной ~20 км прослежи-

СОПОСТАВЛЕНИЕ РАЗРЕЗОВ МЕЗОПРОТЕРОЗОЙСКОГО ПЛАТФОРМЕННОГО ЧЕХЛА УЧУРО-МАЙСКОЙ ВПАДИНЫ И ВПАДИНЫ АТАБАСКА

Впадина Атабаска				Учуро-Майская впадина			
Формации	Мощность, м	Основные типы пород	Возраст, млн лет	Стратиграфические подразделения	Мощность, м	Основные типы пород	Возраст, млн лет
				Учурская серия Эннинская свита	160	Среднезернистые, крупнозернистые кварцевые песчаники	
Дуглас, Карвел	100	Пелитовые песчаники, оолитовые доломиты и известняки, алевролиты, аргиллиты	1220–1292 K-Ar	Омахтинская свита	340–400	Песчаники, алевролиты, аргиллиты, доломиты	1360 K-Ar
Тума-Лейк	100	Грубозернистые песчаники		Гонамская свита	360–700	Песчаники, гравелиты, конгломераты, редкие прослои алевролитов, толеитовых базальтов, доломитов и туфов кислого состава	1450 K-Ar
Оверсайнд	90–200	Песчаники с прослоями алевролитов					
Локер-Лейк	75–270	Галечные песчаники					
Вульверин-Пойнт	200–500	Туфогенные тонкозернистые песчаники, алевролиты, фосфатонаосные породы	1513–1450 K-Ar	Уянская серия Адаргайская свита	80–180	Песчаники, алевролиты, доломиты, редко туфогенные среднезернистые песчаники и фосфатонаосные породы	
Маниту-Фоллас	140–1000	Конгломераты, гравелиты, крупно- и среднезернистые песчаники, верху прослои алевролитов		Конкулинская свита	30–950	Базальные конгломераты, гравелиты, крупно- и среднезернистые кварцевые и олигомитовые песчаники, верху прослои алевролитов	Коры выветривания по породам фундамента 1670±40 K-Ar
Файр-Пойнт	100–150	Базальные конгломераты, гравелиты, грубо- и крупнозернистые песчаники					

вается от Толукской системы разломов в бассейн р. Аим на 60–80 км. Представлена сближенными зонами катаклаза, трещиноватости и брекчирования, которые часто контролируют по несколько урановых проявлений и ореолов.

Беглянская система разломов субширотного простирания шириной 4–5 км прослеживается на 30–35 км от Аимо-Токинской системы разломов в бассейн р. Беглянка. С востока она ограничена северо-западным разломом, в узле сочленения с которым локализуется урановое рудопроявление Беглянка.

На рис. 3 показана связь ураноносности района с ореолами макротрещиноватости по данным обработки цифровых моделей рельефа по программе Winlessa [15]. Палеопротерозойский фундамент Идюмо-Хайканского купола обладает максимальной трещиноватостью, что может свидетельствовать о его высокой проницаемости для глубинных рудоносных растворов и их транспортировке в верхние горизонты земной коры. Рудные поля урановых проявлений тяготеют к периферическим частям центрального ореола максимальной трещиноватости и в большинстве случаев им свойственны локальные ореолы максимальной или повышенной трещиноватости.

Метасоматиты и урановое оруденение. По результатам комплексных крупномасштабных аэрогеофизических съёмок, проведённых сотрудниками ПГО «Таёжгеология» под руководством М.В. Горюшко [6] в обрамлении Идюмо-Хайканского купола метаморфических образований с мезопротерозойским платформенным чехлом, выявлена уникальная по интенсивности и площади распространения калиевая аномалия (см. рис. 1) протяжённостью >220 км при средней ширине 10–14 км и до 40 км в раздувах. Протягиваясь по периферии Идюмо-Хайканского купола, аномалия накладывается как на нижние горизонты платформенного чехла, так и на прилегающий фундамент. Максимальное содержание К в калишпатизированных песчаниках 12%, в калишпатизированных гнейсах 6%, в калишпатизированных корах выветривания 16% на фоне 1–2,5% в неизменённых породах [6]. Возраст калишпатизации протерозойский. Возраст по иллит-наложенным на калишпатиты кварц-гидрослюдистых и кварц-каолин-гидрослюдистых метасоматитов составляет $(1324 \pm 52) - (1185 \pm 35)$ млн лет [6]. В ореоле калиевого метасоматоза локализуются практически все проявления урана, золота, вана-

дия, бария и других химических элементов, выявленные в районе в зонах структурно-стратиграфических несогласий (СНН).

На калишпатизированные породы накладываются более поздние гидротермально-метасоматические преобразования, сопровождающие урановую минерализацию: аргиллизация, карбонатизация, хлоритизация. Характер метасоматитов и рудная минерализация в фундаменте и осадочном чехле в некоторых чертах различаются. Выделяются три обстановки локализации уранового оруденения: в породах кристаллического фундамента в зоне СНН; в песчаниках платформенного чехла в зоне СНН; в породах платформенного чехла на значительном удалении от зоны СНН.

В кристаллическом фундаменте наиболее интенсивно аргиллизация проявлена вдоль зоны субширотного Толукского разлома в районе *рудного проявления Конкули*, локализованного в непосредственной близости от основания эрозионного останца пород конкулинской свиты. В полосе шириной до нескольких десятков метров на рудопроявлении исходные породы почти полностью замещены глинисто-гидрослюдистым агрегатом. Аргиллизация сопровождалась привнесением U, Ni, Co, V, Mo, Pb, Zn, Ag, As, Sc, Ba.

Карбонатизация и хлоритизация проявлены непосредственно в рудной зоне. За её пределами в кальцитовых мраморах во внешней зоне аргиллизитов отмечена доломитизация (привнесение до 14% на фоне 0,65% в неизменённых породах) [5].

Урановая и сульфидная минерализация максимально развилась в брекчиях центральной части зоны аргиллизитовых изменений. Брекчии интенсивно гематитизированы. В них установлены кварц, хром- и ванадийсодержащие слюды (роскоэлит, фуксит), смешанослойные силикаты (монтмориллонит-гидрослюды с 85% гидрослюдистых слоёв) и комплекс первичных и вторичных рудных минералов – гидроксиды урана, карнотит, метаторбернит, цейнерит, метацейнерит, сфалерит, халькопирит, пирит, герсдорфит, вульфенит, халькозин, ковеллин, бассанит. Среднее содержание U составляет 0,186% на мощность 1,7 м, в том числе 0,78% на мощность 0,5 м. Содержание V 3,09% на мощность 1,7 м.

В дресвяниках и конгломератах платформенного чехла, перекрывающих рудоносный интервал Толукского разлома, интенсивность оруденения падает. Содержание U в гидрослюдизирован-

ных гравелитах не превышает 0,01%, V 0,6%, Au 0,05 г/т на мощность 0,5 м.

Рудопроявление Угдан приурочено к зоне северо-западного разлома, к контакту графитосодержащих гранат-биотитовых гнейсов с песчаниками конкулинской свиты. Горизонтальный контакт песчаников с гнейсами осложнён малоамплитудными сбросами. Максимальное развитие оруденения наблюдалось в зоне интенсивной трещиноватости, катаклаза и брекчирования гнейсов. Мощность рудоносной зоны ~36 м. Гнейсы в рудной зоне интенсивно гидрослюдизированы и гематитизированы. Содержание U до 0,056% на мощность 2,4 м, в том числе 0,1% на мощность 0,5 м. Урановая минерализация представлена сабугалитом. Факторным анализом определена тесная связь U с V, Mo, Pb, As, Zn.

Проявление минерализации Хангас-2 локализовано в интенсивно аргиллизированных и превращённых в глины корях выветривания фундамента. Содержание U 0,012% на мощность 6 м. В минералогических пробах из глин присутствуют гидроксиды железа, горсейксит, пирит, барит, анатаз, малахит. Акцессорные минералы: оливин, гранат, циркон, рутил, турмалин, монацит. Аномальные (0,01–0,05%) концентрации U отмечаются в агрегатах тонкозернистого анатаза и глинистой фракции породы.

В песчаниках зоны ССН обнаружены урановые проявления Правоугданское, Хангас-1, Беглянка, Ойгу. Петрографическими исследованиями установлена следующая последовательность метасоматических изменений пород рудных интервалов: альбитизация, окварцевание, калишпатизация (адуляризация), гидрослюдизация, карбонатизация, хлоритизация.

Правоугданское проявление урана (см. рис. 2) расположено в 1,25 км западнее рудопроявления Угдан. Приурочено к базальным гравелитам конкулинской свиты, залегающим на графит-биотитовых гнейсах. Здесь вскрыта тектоническая зона северо-восточного простирания, сопровождаемая интенсивной аргиллизацией пород платформенного чехла с образованием пластичных глин мощностью 25 м. Рудный интервал находится в центральной части интенсивно гематитизированных пород. Содержание U в зоне до 0,025%, As до 0,05%, Zr 0,1–0,5%, Ag 0,2–0,3 г/т, Au 0,04–0,3 г/т. В целом набор элементов характерен для месторождений типа несогласия.

Проявление Хангас-1 приурочено к узлу сочленения субширотного разлома с разрывным нарушением северо-западного простирания. Гравелиты и песчаники конкулинской свиты в зоне северо-западного дизъюнктива интенсивно аргиллизированы, вплоть до полного замещения глинистыми минералами цемента породы и обломочных зёрен полевых шпатов. По многочисленным трещинам они пронизаны гидроксидами железа. Содержание U в зоне достигает 0,0122%. Минералогическим анализом выявлены горсейксит, гидромусковит, пирит, халькопирит, гидроксиды железа, барит. Акцессорные минералы: турмалин, циркон, анатаз, монацит, рутил. Аномальные содержания U отмечены в горсейксите и анатазе, Th – в рутиле. Кроме U, в аргиллизитах с горсейкситом присутствуют (%) Zr (1), Cu (0,2), Pb (0,1), Bi (0,01), Zn (0,15), Be (0,01), Cs (0,05), Y (0,02), P (30), Sr (0,3), Ba (20), B (0,4), Ag (1 г/т). Повышенные содержания (%) Mn (0,3), Ni (0,007), Co (0,001), W (0,002), Cu (0,07), Pb (0,03), Ag (0,0004) определены в гидроксидах железа.

В бассейнах нижних течений рек Гивун и Беглянка на правом берегу р. Учур выявлен литогеохимический ореол урана с содержаниями до 0,014% (рудопроявление Беглянка). Ореол вытягивается вдоль северо-западного разлома, выполненного тектоническими брекчиями, которые на протяжении 1200 м окварцованы и сульфидизированы. В породах фундамента и платформенного чехла вдоль разлома проявлены многостадийные интенсивные гидротермально-метасоматические изменения: хлоритизация, карбонатизация, аргиллизация. Завершающая стадия гидротермальных изменений выразилась в образовании хлоритовых, хлорит-карбонатных, адуляровых, кварцевых, кварц-адуляровых, карбонат-кварц-адуляровых, гидросерицит-кварц-карбонатных, серицит-кварцевых, хлорит-серицитовых, кварц-адуляр-пиритовых и карбонатных жил и прожилков. Широко развита баритизация, захватывающая породы фундамента, коры выветривания и базальные слои мезопротерозойского чехла. Из рудных минералов в зоне нарушения, помимо тонкодисперсного настурана, зафиксированы вульфенит и халькопирит. K-Ar возраст гидротермально изменённых пород по иллиту 1324 ± 52 млн лет.

Рудопроявление Ойгу (см. рис. 1) расположено на водоразделе ручьёв Улахан-Комкуй и Правый Перевальный, правых притоков р. Алгома. Площадь участка рудопроявления сложена гонамскими по-

левошпат-кварцевыми и кварцевыми песчаниками с маломощными горизонтами известковистых песчаников. В подошве гонамской свиты залегают обнажающиеся в эрозионных врезх палеопротерозойские графитсодержащие гнейсы. Между кристаллическим фундаментом и платформенным чехлом наблюдаются красноцветные коры выветривания незначительной мощности. Рудопроявление локализуется в узле пересечения субширотных и субмеридиональных разломов, контролирующем ореол интенсивной аргиллизации, баритизации, гематитизации, лимонитизации, прожилковой карбонатизации и литогеохимический ореол рассеяния урана размером 320×280 м. В карбонатных прожилках установлены включения почковидных агрегатов атраксолита, редкие кристаллы сфалерита. Урановое оруденение локализуется в зоне интенсивной трещиноватости и прожилковой карбонатизации. Содержание U 0,012% на мощность 6,95 м. Оруденение сопровождается привнесением Ni, Co, V, Mo, Cu, As, Pb, Zn. В породах платформенного чехла выше зоны ССН отмечены рудопроявления урана Адаргайское, Угдан, Тройка, аэроаномалия 18-1, ряд проявлений минерализации и радиоактивные аномалии в поле распространения пород учурской серии на правом берегу р. Учур, в нижнем течении рек Онне, Алгома, Идум [5, 12].

На *Адаргайском рудопроявлении* в зоне контакта конкулинской и адаргайской свит в полосе шириной 100–180 м прослеживаются мощные швы интенсивно метасоматически изменённых дезинтегрированных, рассланцованных и брекчированных пород с гётитовыми, вернадитовыми, баритовыми, сульфидно-кварцевыми жилами и прожилками. Зона главного, изученного бурением, тектонического нарушения в подошве адаргайской свиты имеет северо-западное простирание и падение в северо-восточном направлении под углом 3–7°. Вмещающие алевропесчаники и олигомиктовые песчаники со стороны лежащего бока нарушения интенсивно аргиллизированы и сульфидизированы [5, 12]. В аргиллизированных породах присутствуют иллит, монтмориллонит, альбит, парагонит, бариевый ортоклаз, галлуазит, графит, турмалин, углеродистое вещество. Висячем боку вдоль зон трещиноватости северо-восточного и субширотного простирания наблюдаются структуры растворения и обрушения пород с формированием грубых брекчий, сцементированных баритом, кварцем, карбонатами. В лежащем боку тек-

тонического нарушения в верхней части конкулинской свиты на мощность 33–45 м в самом тектоническом нарушении и его висячем боку установлены аномальные содержания (%) U (0,034), Pb (0,15), Cu (0,2), Zn (0,2), Mo (0,07), Ni (0,03), Co (0,3), Ag (0,004), As (0,25), Mn (>1), P (>1), Au (0,3 г/т). Рудная минерализация представлена настураном, пиритом, халькопиритом, арсенопиритом, халькозином, галенитом, блёклой рудой, герсдорфитом, литиофоритом, атакамитом, малахитом, брошантитом, азурином, хризокolloй, отенитом, карнотитом. Марганцевые минералы: вернадит, псиломелан, браунит. Минералы фосфора: апатит, фторапатит, шренгит. Молибден в аномальных концентрациях установлен в гётите, гидрогётите, лимоните, иногда в пирите. Самостоятельные минералы Ag и Mo не обнаружены. По результатам минералогических анализов повышенные содержания Ag отмечаются в блёклых рудах, псиломелане, вернадите, гётите, лимоните, пирите, галлуазите. Самородное Au установлено в пробах из керна скважин, отобранных из зоны пологого тектонического нарушения на глубине 12–14 м.

Литогеохимическим опробованием коренных и элювиально-делювиальных отложений выявлен обширный комплексный геохимический ореол площадью до 32 км² [5], основную роль в котором играют U, Ag, Mo, Ni. Ореолы охватывают узлы пересечения крутых и пологих тектонических нарушений субмеридионального, субширотного и северо-восточного простираний в бассейнах рек Муналы и Уян [5]. Размер ореолов до 19×6 км. Масштабы привноса рудных элементов в ореолы Адаргайского рудного узла огромны. Даже по самым скромным подсчётам в них привнесено не менее 110 тыс. т U, 120 тыс. т Mo, 8 тыс. т Ag. Основная часть геохимических ореолов приурочена к тектонически нарушенному контакту конкулинской и адаргайской свит и контролируется полями интенсивных метасоматических изменений пород. При ярко выраженных процессах калишпатизации в породах на порядок возрастают концентрации Pb, Zn, Ag, Cu. В ореолах аргиллизации (гидрослюдизации), карбонатизации и хлоритизации песчаников наблюдается чёткий привнос U, Ag, Au, Pb, Mo, As, Mn, Co, Ni.

Аэроаномалия 18-1 находится в междуречье верхнего течения р. Верхний Конкули – руч. Одинокий в тектоническом контакте пород адаргайской и конкулинской свит мезопротерозоя, в узле

сочленения разломов северо-западного и субмеридионального простираний. На участке аномалии выявлены ореол аномальной радиоактивности интенсивностью >30 мкР/ч на фоне 12–15 мкР/ч изометрической формы размером 450×300 м и ореол рассеяния урана, вытянутый в меридиональном направлении на 800 м при ширине до 300 м. Аномальная радиоактивность сопровождается ореолом интенсивной аргиллизации вмещающих пород, в общих чертах совпадающим с ореолом рассеяния урана. Кроме того, отмечается зона прожилковой баритизации, протягивающаяся в субмеридиональном направлении на 2 км при ширине 200 м, ведущая себя несколько обособленно от остальных ореолов рудных элементов.

В нижних течениях рек Онне, Алгома, Идюм и Кусачан-Юрях бассейна среднего течения р. Учур расположены рудопоявление Тройка, ряд проявлений минерализации и аномалий радиоактивности, тяготеющих к средней пачке гонамской свиты [5]. Все проявления локализуются в узле сочленения субмеридиональной Аимо-Токинской зоны разломов с разломами субширотного и северо-западного простираний. В платформенном чехле нарушения представлены зонами брекчирования, дробления и трещиноватости сбросового характера, а также пологими швами расщепления, реже милонитизации, сопряжёнными с крутопадающими разломами.

Проявления минерализации и аномалии контролируются зонами субпослойной трещиноватости и пологими швами милонитизации. Гидротермально-метасоматические изменения протекали в несколько этапов: окварцевание и флюоритизация, калишпатизация (адуляризация), глинисто-гидрослюдистая аргиллизация, карбонатизация, хлоритизация. Карбонаты (кальцит, доломит) развиваются по цементу песчаников. Иногда в них совместно присутствуют барит, апатит, углеродистое вещество. Более поздний по отношению к кальциту доломит преобладает. В метасоматитах наблюдается вкрапленность никель- и кобальтсодержащего пирита, арсенопирита, халькопирита, сфалерита, тонкодисперсного настурана. Содержание (%) U до 0,08, Pb и Cu в рудных зонах до 0,015, Mo до 0,002, Co 0,001, Ba до 0,2, F до 1, Ag до 7 г/т при фоновых содержаниях в безрудных зонах. Ореолы рассеяния U несколько уже мультипликативных ореолов остальных элементов. Общим для всех

рудопоявлений и аномалий является тесная корреляционная связь урана с Ni, Co, Ag, As, Pb, V, Mo.

Глубинное строение Идюмо-Хайканского купола. На изученной территории выполнен комплекс крупномасштабных геолого-геофизических работ, включая небольшой объём горно-буровых. Оценка мощности платформенного чехла основана на данных вертикального электрического зондирования, сейсмических исследований методом отражённых волн, определения глубин до верхних кромок для отдельных магнитоактивных тел. Выделенные зоны интенсивного развития линейных структур (см. рис. 3) согласуются с глубинными плотностными неоднородностями верхней части земной коры. В частности, Толукская зона линейных структур приурочена к северному обрамлению Тынканского регионального минимума поля силы тяжести, имеющего в пределах территории исследований субширотное простирание. Об осложнении в строении верхней части земной коры свидетельствует наличие интенсивных отрицательных аномалий поля силы тяжести в пределах купола и вне его. Палеопротерозойские метаморфические образования по структуре и знаку аномального магнитного поля прослеживаются под отложениями платформенного чехла, что расширяет площади для дальнейших исследований. По структурным признакам области пересечения глубинных разломов и оптимальные мощности платформенного чехла выделены как наиболее предпочтительные.

В заключение отметим следующее. По особенностям геологического строения и металлогении Учуро-Майская впадина сопоставляется с впадиной Атабаска Северо-Американской платформы. Как и впадина Атабаска, Учуро-Майская впадина сформировалась на архей-палеопротерозойском основании, вмещающем прослой и пачки графитсодержащих гнейсов, вдоль которых часто развиваются зоны милонитизации и катаклаза. Мезопротерозойские отложения этих впадин по составу и возрасту сопоставимы друг с другом (см. таблицу). Рудная минерализация каждой из впадин носит комплексный характер и сопровождается интенсивными многостадийными гидротермально-метасоматическими изменениями пород при главенствующей роли каолин-гидрослюдистых аргиллизитов. Для руд обеих впадин характерен близкий набор рудных элементов (Pb, Zn, Mo, Ni, Co, As, Cu, V). В них постоянно содержатся турмалин, апатит и другие фосфорсодержащие минералы. Воз-

раст рудной минерализации Учуро-Майской впадины близок возрасту урановых руд впадины Атабаска (1341 ± 17)–(1142 ± 28 млн лет). В отличие от впадины Атабаска в Учуро-Майской впадине выявлены самостоятельные концентрации золота, меди, бария.

В зоне структурно-стратиграфического несогласия палеопротерозойских метаморфических образований и мезопротерозойских осадочных толщ в обрамлении Идюмо-Хайканского купола Алдано-Станового щита установлены прямые признаки ураноносности территории.

1. Между складчатым фундаментом и осадочным чехлом развиваются красноцветные коры выветривания и продукты их разрушения в доконкулинскую эпоху.

2. В основании мезопротерозойских толщ (конкулинская, гонамская и омахтинская свиты) залегают красноцветные отложения, по возрасту и составу близкие к таковым бассейна Атабаска.

3. Особенно важным контролем оруденения служит выявленная нами широкая зона интенсивной предрудной калишпатизации, развитой на границе кристаллического фундамента с породами мезопротерозойского платформенного чехла практически по всему периметру Идюмо-Хайканского купола. Масштабы привноса калия огромны и оцениваются от 15 до 30 млрд т. В ореоле калишпатизации локализуются все известные в настоящее время урановые проявления.

4. Урановое оруденение контролируется зонами интенсивной гидрослюдистой аргиллизации, хлоритизации (хлорит магнезиальный), карбонатизации, турмалинизации и сопровождается привносом в изменённые породы U, Mo, Ag, As, Ni, Co, V, Pb, Zn.

5. Возраст урановых руд Идюмо-Хайканского купола (1341 ± 17)–(1142 ± 28 млн лет) близок возрасту руд бассейна Атабаска (1270–1250 млн лет).

Зоны структурно-стратиграфического несогласия мезопротерозойских осадочных толщ Учуро-Майской впадины по периферии палеопротерозойского Идюмо-Хайканского купола метаморфических пород обладают значительными перспективами на обнаружение высокорентабельных урановых месторождений несогласия канадского типа.

С учётом выше перечисленных признаков, свидетельствующих о развитии рудного процесса в зоне структурно-стратиграфического несогласия, на территории Идюмо-Хайканского купола следует ожидать выявление месторождений, аналогичных месторождениям бассейна Атабаска.

Авторы благодарят коллег, принимавших участие в полевых исследованиях, и геологов фирмы «Кожема» за предоставленную возможность ознакомления с месторождениями Канады. Исследования выполнены в рамках государственного задания Института тектоники и геофизики им. Ю.А.Косыгина ДВО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геологическая карта СССР. М-6 1:1 000 000 (нов. сер.). Лист О-52, (53) – Томмот. Объяснительная записка. – Л.: ВСЕГЕИ, 1986.*
2. *Горошко М.В. Проблемы поисков высокорентабельных урановых месторождений в Хабаровском крае // Геология и полезные ископаемые Приамурья. Хабаровск, 1999. С. 133–138.*
3. *Горошко М.В. Рифейские депрессионные структуры древних платформ и массивов юго-востока России и их ураноносность: Автореф. дисс... д-ра геол.-минер. наук. – Хабаровск, Издательство ИТИГ, 2001.*
4. *Горошко М.В., Гильманова Г.З. Основные черты металлогении мезо-неопротерозойских впадин и прогибов докембрийских платформ мира // Литосфера. 2014. № 5. С. 71–88.*
5. *Горошко М.В., Гурьянов В.А. Рудная минерализация зоны предрифейского структурно-стратиграфического несогласия и нижнерифейского платформенного чехла Учуро-Майской впадины (юго-восток Сибирской платформы) // Тихоокеанская геология. 2007. Т. 26. № 6. С. 93–110.*
6. *Горошко М.В., Малышев Ю.Ф. Региональный калиевый метасоматоз и металлогения зон докембрийских структурно-стратиграфических несогласий (юго-восток Сибирской платформы) // ДАН. 2008. Т. 423. № 5. С. 663–666.*
7. *Гурьянов В.А., Карсаков Л.П., Горошко М.В., Осипов А.Л. Золотоносность докембрийских комплексов Учуро-Уянского района и его перспективы (юго-восток Сибирской платформы) // Тихоокеанская геология. 1999. № 5. С. 98–105.*
8. *Карсаков Л.П., Гурьянов В.А., Горошко М.В. Стратиграфия нижних горизонтов Сибирского гипостратотипа рифея (юго-восток Сибирской платформы) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2002. № 1. С. 47–61.*

9. Лаверов Н.П., Смилькстын А.О., Шумилин М.В. Зарубежные месторождения урана. – М.: Недра, 1983.
10. Основы прогноза урановорудных провинций и районов / Под ред. Н.П.Лаверова. – М.: Недра, 1983.
11. Пакульнис Г.В., Шумилин М.В. Месторождения типа «несогласия» района Атабаска (Канада) // Минеральное сырье. 2005. № 17. С. 11–16.
12. Предпосылки выявления новых видов полезных ископаемых в юго-восточной части Алданского щита / М.В.Горошко, А.Л.Осипов, В.Е.Кириллов и др. // Тихоокеанская геология. 1996. Т. 14. № 6. С. 111–118.
13. Смелов А.П., Зедгенизов А.Н., Березкин В.И., Шкодзинский В.С. Вклад лаборатории петрологии литосферы ИГАБМ в изучение Алданского щита // Вестн. Госкомгеологии РС (Я). 2001. № 1. С. 31–36.
14. Стогний Г.А., Стогний В.В. Геофизические поля восточной части Северо-Азиатского кратона. – Якутск: Сахаполиграфиздат, 2005.
15. Zlatopolsky A. Description of texture orientation in remote sensing data using computer program LESSA // Computers&Geosciences. 1997. Vol. 23. № 1. P. 45–62.

URANIUM POTENTIAL OF STRUCTURAL-STRATIGRAPHIC DISCONFORMITY ZONES BETWEEN PLATFORM AND METAMORPHIC UNITS OF ALDAN SHIELD IDYUM-KHAIKAN DOME

M.V.Goroshko, G.Z.Gilmanova
(Yu.A.Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Khabarovsk)

Major criteria of uranium occurrence localization on the periphery of the Idyum-Khaikan dome of Paleoproterozoic metamorphic rocks within the Siberian platform Aldan-Stanovoy shield in comparison with Athabasca province (Canada) uranium deposits are discussed. Like in Canada, they are hosted by structural-stratigraphic discontinuity zones in Mesoproterozoic sediments and graphitic basement gneiss. Ore formation was preceded by intense potassic metasomatism in the structural-stratigraphic discontinuity zone covering rocks of sedimentary cover and metamorphic basement developed on the Idyum-Khaikan dome periphery. Ore zones are accompanied by host rock argillization, chloritization and carbonatization and strong geochemical Mo, Ag, As, Ni, Co, V, Pb and Zn haloes. This evidence makes them similar to Athabasca unconformable deposits. Tolukskaya, Beglyanskaya and Aim-Tokinskaya ore concentration zones controlling all the known uranium occurrences are identified. Uranium mineralization age is $(1341 \pm 17) - (1142 \pm 28)$ Ma.

Keywords: Siberian platform, Idyum-Khaikan dome, Paleoproterozoic, Mesoproterozoic, structural-stratigraphic discontinuity zones, potassic metasomatism, uranium potential, argillization, chloritization, carbonatization, satellite radiolocation survey.