

## ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛОГЕНИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ УРАНОНОСНОСТИ ЧУЙСКО-ТОНОДСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ (по материалам ГК-1000/3 и ГДП-200/2)

Рассмотрены перспективы промышленной ураноносности Чуйско-Тонодской минерагенической зоны, охватывающей Тонодский и Чуйский выступы фундамента рифеид Прибайкальско-Патомской краевой системы. Охарактеризованы рудные районы, узлы и формации. Выделены площади и участки с урановым и комплексным оруденением, рекомендованные для дальнейшего изучения.

Ключевые слова: *Чуйско-Тонодская минерагеническая зона, Тонодское и Чуйское поднятия, уран, золото, железно, олово, вольфрам, карелий, рифей, рудные районы, узлы и формации.*

Commercial uranium potential of the Chuya-Tonod metallogenic zone, including the Tonod and Chuya uplifts of the ripheid basement of the Cis-Baikal-Patom marginal system are discussed based on recent knowledge on geology and metallogeny of Northern Transbaikalia. Ore districts, clusters, and formations have been described. Areas and prospects with uranium and complex mineralization recommended for further exploration have been identified.

Keywords: *Chuya-Tonod metallogenic zone, Tonod and Chuya uplifts, uranium, gold, iron, tin, tungsten, Karelian, Riphean, ore districts, clusters and formations.*

Специализированные исследования в Северном Забайкалье, характеризующемся достаточно высокой рудонасыщенностью, не привели к открытию промышленных эндогенных объектов урана. Сегодня остро стоит вопрос о дальнейших направлениях поисковых работ и обоснованном выборе новых перспективных площадей. В статье анализируются перспективы ураноносности Чуйско-Тонодской минерагенической зоны на основе анализа изданных комплектов ГК-1000/3 листов О-49 и О-50 [2, 3], а также результатов работ с участием авторов в рамках ГДП-200 листов О-50-I и О-50-II (Тонодская площадь).

**Основные черты геологического строения.** Чуйско-Тонодская минерагеническая зона (МЗ) традиционно выделяется в составе Прибайкальско-Патомской краевой системы Саяно-Байкальской складчатой области (рис. 1). Прибайкальско-Патомская краевая (перикратонно-надвиговая) система представляет собой ансамбль тектонически совмещенных коллизионными процессами линейных блоков – краевых выступов дорифейского основания (фундамента) и реликтов Прибайкальско-Патомского перикратонного прогиба с рифейскими параплитными комплексами. Прибайкальско-Патомский перикратонный прогиб состоит из разделенных разломами блоков рифейских отложений, взброшенных и надвинутых на платформенный чехол по зоне глубинного Аkitкано-Джербинского разлома. Непосредственно анализируемая МЗ охватывает крупные Чуйский и Тонодский (а также сближенный с ним Туюканский) выступы дорифейского фундамента, ограниченные Алканским и Туюканским надвигами на северо-западе и Чуйским взбросо-надвигом на юго-востоке. Перечисленные выступы фундамента, или краевые поднятия, представляют собой архейско-раннепротерозойские гранитоидно-метаморфические образования, с резким несогласием перекрытые отложениями нижнего-

среднего рифея и прорванные субвулканическими интрузиями и дайками среднего-позднего рифея.

**Тонодское поднятие.** Структурный план поднятия сформирован диагональными и продольными субширотными системами разрывных нарушений с широко развитыми раннепалеозойскими покровно-надвиговыми структурами, в частности, вдоль тектонических ограничений поднятия. В геологическом строении отчетливо выделяются два структурных этажа – раннепротерозойский и рифейский.

**Нижний структурный этаж** (кристаллическое основание) разделяется на раннекарельский и позднекарельский структурные ярусы. Раннекарельский ярус слагают (вулканогенно)-осадочные породы кевактинской серии в объеме албазинской и вышележающей михайловской свит. Кевактинская серия сопоставляется с раннекарельскими зеленокаменными образованиями Прибайкалья, Аkitканского протовулканогена и Чарско-Олекминской гранит-зеленокаменной области Алданского щита [7]. Метапесчаниковая албазинская свита обнажена по периферии Тонодского поднятия, а высокоуглеродистая алевросланцевая михайловская свита наиболее полно сохранилась в его центральной части на площади Михайловской брахисинклинали. Примыкающее с северо-запада Туюканское поднятие сложено преимущественно породами албазинской свиты. Позднекарельский ярус формируют массивы гранитов чуйско-нечерского комплекса. Наиболее крупные из них – Кевактинский (Большепатомский), занимающий всю западную часть Тонодского поднятия, и Амандракский, разделенные Михайловской брахисинклиналью. В восточной части поднятия обособляются Челонченский (Станнахский) и Семикачинский массивы. Кевактинский массив сложен в основном порфировидными биотитовыми и биотит-амфиболовыми гранитами, которые в его южной части претерпели значительные динамометаморфические изменения с развитием

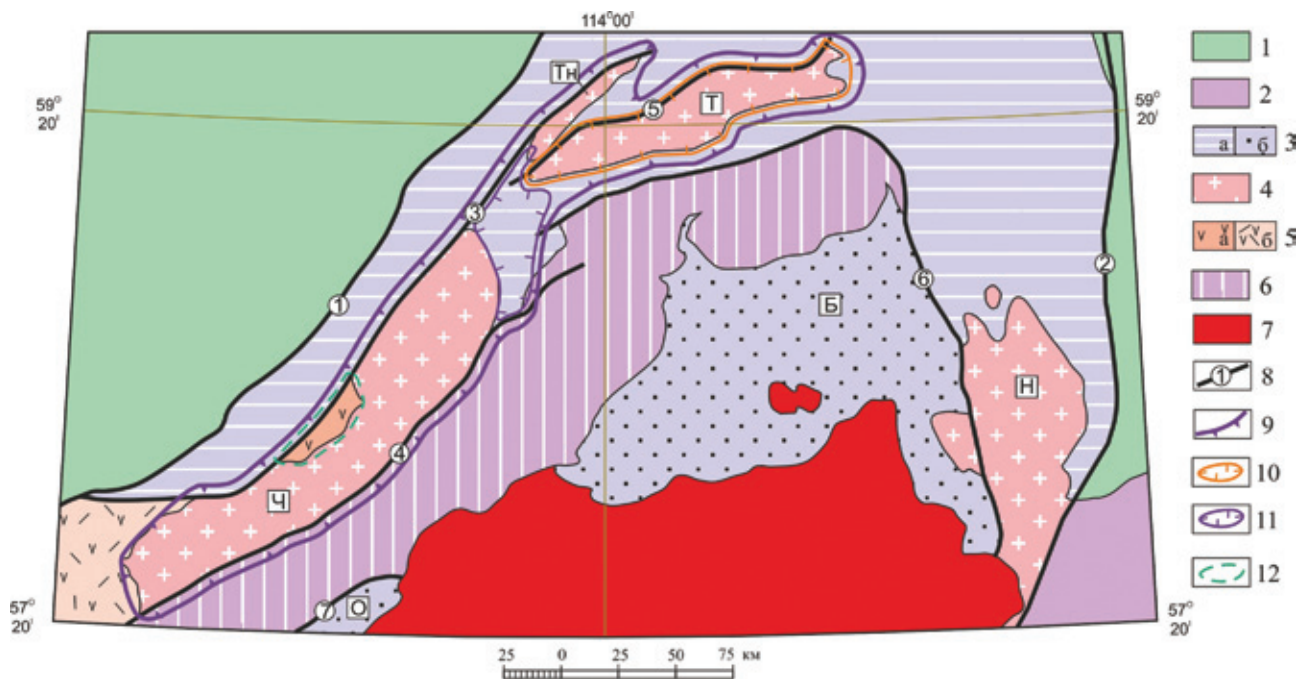


Рис. 1. Структурно-тектоническая схема Северного Забайкалья по данным ГК-1000/3 [2, 3] с дополнениями

1 – плита Сибирской платформы; 2 – Алданский щит; 3–6 – Саяно-Байкальская складчатая область, Прибайкальско-Патомская краевая система. Структурно-формационные комплексы: 3 – рифейские Прибайкальско-Патомского перикратонного прогиба (а) и Олокит-Бодайбинской палеорифтовой зоны (б), в том числе Олокитского (О) и Бодайбинского (Б) прогибов; 4 – карельские Чуйского (Ч), Тонодского (Т), Туюканского (Тн) и Нечерского (Н) гранитоидно-метаморфических поднятий; 5 – карельские Северо-Байкальского вулканно-плутонического пояса, в том числе раннекарельский зеленокаменный (а) и объединенные карельские Аkitканского протовулканогена (б); 6 – позднеархейские-раннекарельские Мамско-Чипикетского метаморфического выступа; 7 – палеозойский Ангаро-Витимский гранитоидный ареал-плутон; 8 – главные разломы (1 – Аkitкано-Джербинский, 2 – Жуинский, 3 – Туюканский, 4 – Чуйский, 5 – Алканский, 6 – Чипикетско-Нечерский, 7 – Абчадский); 9–12 – анализируемые металлогенические таксоны: 9 – Чуйско-Тонодская МЗ, 10 – Тонодский оловоурано-золоторудный РР, 11 – Витимский железорудный РР, 12 – Сехтинский потенциальный уран-редкометалльный РУ

бластокатаклаза, разгнейсования и очково-гнейсовых текстур. Близок по составу северо-восточный Челонченский массив. Оба массива характеризуются торий-урановой радиогеохимической специализацией и выделяются как вольфрамо-оловоносные. В составе полифациальных Амандракского и Семикачинского массивов преобладают мусковитовые плагиограниты и пегматоидные микроклиновые лейкограниты, отличающиеся существенно уран-редкометалльной специализацией.

*Верхний структурный этаж* (осадочный чехол), маркирующийся регионально проявленным предрифейским структурно-стратиграфическим несогласием (СН) и остаточными корами выветривания, представлен ниже-среднерифейскими отложениями пурпольской и медвежьеской свит, несогласно перекрывающимися по периферии поднятия среднерифейскими отложениями балаганской серии. Продукты рифейского магматизма – штоки, дайки, силлы среднерифейских габбро-долеритов туюканского комплекса и поздне-рифейских гранит-порфиров язовского комплекса.

*Чуйское поднятие.* Сложено преимущественно плагиогнейсами и кристаллическими сланцами чуйской толщи верхнего архея – нижнего карелия, интенсивно переработанными гранитоидами чуйско-нечерского комплекса и последующими покровно-надвиговыми дислокациями. Метаморфические породы и гранитоиды интенсивно тектонизированы с проявлением катаклаза, милонитизации и развитием надвиговых пластин. В юго-восточной периферии поднятия, вдоль пограничного Чуйско-

го глубинного разлома, фиксируется мощная и протяженная зона динамометаморфитов с интенсивно проявленным кислотным выщелачиванием и образованием вторичных кварцитов (в том числе железистых) и высокоглиноземистых пород. Наиболее дислоцирована юго-западная часть Чуйского поднятия, характеризующаяся чешуйчатым строением с залечиванием границ тектонических пластин субвулканическими телами метабазитов среднерифейского медвежьеского комплекса (аналога туюканского на Тонодском поднятии). Относительно монолитны северо-восточная и центральная части данного поднятия, где сохранились блоки нижнекарельских зеленокаменных образований большеминьского комплекса и слабометаморфизованных отложений нижнерифейской пурпольской свиты, несогласно залегающих на подстилающих породах.

Одной из нерешенных и важных в минерагеническом отношении геологических проблем является возраст раннепротерозойских гранитоидов краевых поднятий, выделяемых в составе единого чуйско-нечерского комплекса. На примере специально изучавшегося на Тонодском поднятии Кевактинского массива, это постколлизийный комплекс калиевых гранитов S-типа, сформированный в позднем карелии ( $1846 \pm 8$  Ma) и имеющий близкий возраст с вулканно-плутоническими образованиями Северо-Байкальского (Аkitканского) пояса и рапакивиоподобными гранитами западной части Алданского щита [4]. Пегматоидные лейкограниты Амандракского массива вполне сопоставимы с синколлизийным ( $1908 \pm 4$  Ma) ничатским ком-

плексом уран-щелочноредкометалльных гранитов и пегматитов, распространенных на территории Нечерского поднятия (рис. 1). С другой стороны, получены достоверные свидетельства более древнего, раннекарельского образования некоторых гранитоидных массивов на Чуйском и Нечерском поднятиях. В частности, анализировавшиеся чуйские гранодиориты имеют возраст  $2020 \pm 12$  Ма и все характеристики гранитоидов вулканических дуг [4], а по времени формирования идентичны подобным образованиям кутимского габбро-гранодиорит-гранитного комплекса, считающегося комагматом нижнекарельских зеленокаменных образований Северо-Байкальского вулканоплутонического пояса [3]. Таким образом, подтверждается неоднократность проявления карельской гранитизации и, как следствие, длительность рудоподготовительных процессов в дорифейском фундаменте Прибайкальско-Патомской краевой системы.

**Металлогеническое районирование.** Анализируемая Чуйско-Тонодская редкометалльно-урано-золото-железородная МЗ включает два определившихся рудных района (РР) – Тонодский в границах Тонодского поднятия, и Витимский в зоне перехода от Чуйского к Тонодскому поднятию [2, 3].

**Тонодский олово-урано-золоторудный РР.** Главные полезные ископаемые – золото и уран. Второстепенное значение имеют объекты олова, а также вольфрама и бериллия. По периферии района, в рифейском обрамлении, известны многочисленные проявления железа, титана и высокоглиноземистого сырья. Благороднометалльное оруденение сконцентрировано на площади Кевактинского рудного узла, а мелкие месторождения и рудопроявления урана, олова и вольфрама формируют Туюканский рудный узел (РУ).

**Кевактинский золоторудно-россыпной РУ,** охватывающий площадь Михайловской брахисинклинали, – объект многолетней россыпной золотодобычи, в нем разведано крупное золото-сульфидно-кварцевое месторождение Чертово Корято. Площадь месторождения (Артемьевское золоторудное поле) занимает восточное крыло Михайловской брахисинклинали, осложненное зоной складчато-разрывных дислокаций (СРД) субмеридиональной ориентировки. Собственно месторождение представляет собой штокверк (мегаштокверк) с развитыми жильно-прожилковым окварцеванием и прожилково-вкрапленной сульфидизацией, состоящий из серии разветвляющихся и сочленяющихся зон кварц-сульфидной (арсенопирит-пирит-пирротиновой) минерализации в толще сложнодислоцированных углеродистых метаосадков михайловской свиты. Выявлено шесть золоторудных залежей пластово-линзовидной формы с этажным расположением относительно друг друга. Золото мелкое, высокопробное и легкоцианируемое. Более крупное золото связано с кварцевыми жилами. Запасы золота месторождения Чертово Корято на начало 2009 г. составляют по кат.  $C_1$  76,2 и  $C_2$  10,6 т при среднем содержании 2,34 г/т; забалансовые запасы 15,1 т. Прогнозные ресурсы оцениваются в 105 т по кат.  $P_1$  при среднем содержании золота 2,85 г/т. На месторождение есть лицензия на 1998–2020 гг.

**Туюканский олово-урановорудный РУ** занимает западную экзо-эндоконтактную часть Кевактинского гранитоидного массива. Кроме определяющего уранового оруденения, характеризуется развитием объектов олова и вольфрама. Касси-

теритовое оруденение, на примере малого месторождения Находка и соседних с ним рудопроявлений, контролируется зонами кремнещелочного метасоматоза, окварцевания, сульфидизации и локализуется в углеродистых породах михайловской свиты. Непосредственно на месторождении Находка выявлено пять зон жильно-прожилкового окварцевания и сульфидизации. Отдельные рудные тела с содержанием олова 0,1–1,7% представлены гнездово-вкрапленными скоплениями касситерита и сульфидов (пирротина, пирита и сфалерита). Важные сопутствующие компоненты – золото до 1–3 и серебро до 500–1000 г/т. Штокверковое шеелит-кварцевое оруденение известно на рудопроявлении Приозерное, где развивается в основном среди графитсодержащих метапесчаников албазинской свиты. В изучавшихся рудных телах содержания  $WO_3$  в основном не превышают 0,1, редко до 1–2,4%.

**Витимский железорудный РР** является резервной минерально-сырьевой базой Восточной Сибири. Он включает крупное (Чистое) и около десятка средних месторождений в полосе протяженностью не менее 100 км. Оруденение связано с железистыми (гематит-магнетитовыми) кварцитами в разрезе медвежьего комплекса, а также контролируется зонами кислотного выщелачивания (приразломными метасоматитами в надвиговых дислокациях Чуйского глубинного разлома). Преобладают пластовые руды в виде протяженного горизонта (горизонтов) железистых кварцитов выдержанной мощности с содержанием  $Fe_{\text{общ}}$  22–37%. В отдельных рудных телах отмечается повышенная марганценосность. Из руд наиболее значимых месторождений (Чистое, Язовское, Гремучее, Сухое) получены высококачественные гематитовые и магнетит-гематитовые концентраты. Руды относятся к легкообогащаемым. Запасы месторождений Витимского РР не состоят на Госбалансе. В настоящее время на этой территории ВИМС проводит геологоразведочные работы, направленные на расширение минерально-сырьевой базы железа.

**Главные эпохи рудообразования и рудные формации.** Оруденение Чуйско-Тонодской МЗ отличается длительная история формирования и нередко унаследованное (телескопированное) проявление в определенных геолого-структурных обстановках.

**Раннекарельская эпоха** связывается с процессами протоконтинентального рифтогенеза (проторифтогенеза) и формирования зеленокаменных поясов в горст-антиклинальных структурах краевых поднятий. Вулканогенно-осадочные образования этих структур, прорванные гранитами раннего карелия, относятся к реликтам раннедокембрийских гранит-зеленокаменных поясов (трогов) с характерной для них благороднометалльной минерагенией. Площади развития подобных зеленокаменных образований на Чуйском поднятии (в объеме большеминского комплекса) потенциально золотоносны. В Тонодском РР в раннекарельскую эпоху образуются углеродистые и углеродсодержащие отложения михайловской и албазинской свит, высокопродуктивные на благородные металлы (золото-сульфидная, золоторудная черносланцевая формации). Среди этих отложений локализованы практически все золоторудные объекты Кевактинского РУ, включая месторождение Чертово Корято.

**В позднекарельскую эпоху** в границах чуйско-нечерского комплекса и ассоциированных с ними

пегматитах, фельдшпатолитах и грейзенах концентрируются олово, вольфрам, формируются проявления бериллия, урана, тория, тантала, ниобия и редких земель в составе бериллиеносной грейзеновой и уран-торий-редкометалльной порфировой формаций.

*Ранне-среднерифейская эпоха* пенепленизации и континентального рифтогенеза в пурпольское и медвежевское время, характерная в целом для Чуйско-Тонодской минерагенической зоны, является основной железорудной. Рифейский седиментогенез начинается с формирования высокозрелых осадков пурпольской свиты с линзами золотосодержащих торий-редкоземельных конгломератов и протяженными горизонтами гематитовых и высокоглиноземистых сланцев. Вышезалегающие рифтогенные образования медвежевского комплекса характеризуются промышленными концентрациями гематит-магнетитовых руд формации железистых кварцитов вулканогенно-осадочного и метасоматического происхождения (Витимский РР).

С эпохами *тектоно-магматической активизации* в среднем, позднем рифее и палеозое связывается основная масса олово-вольфрамового, золотого и уранового оруденения. Позднерифейская эпоха рассматривается главной для олово-вольфрамового оруденения, обнаруживающего парагенетическую связь с дайками гранит-порфиров позднерифейского язовского комплекса и относящегося к касситеритовой сульфидно-кварцевой и вольфрамовой (шеелитовой) кварцевой рудным формациями. Золоторудной является раннепалеозойская (раннекаледонская) эпоха формирования золото-сульфидно-кварцевого и золото-кварцевого малосульфидного оруденения, контролирующегося зонами СРД с проявленными околорудными изменениями березитового типа среди первичнозолотосодержащих нижнего карелия (месторождение Чертово Корыто) или нижнего-среднего рифея. В течение этих эпох определилась ураноносность анализируемой территории.

**Ураноносность.** Специальная на уран изученность Чуйско-Тонодской МЗ и непосредственно Тонодского РР, в сравнении с сопредельными территориями Северного Забайкалья, имеет достаточно короткую историю. Практически все известные урановые объекты Тонодского РР были выявлены и получили предварительную оценку в 80-е годы прошлого столетия после проведения аэрогамма-спектрометрической съемки масштаба 1 : 25 000 и последующих поисковых работ, выполнявшихся Меgetской геолого-геофизической экспедицией Иркутского ПГО и партией № 5 Сосновского ПГО. На основании обобщающих тематических исследований ВСЕГЕИ, Сосновского ПГО и ВостСибНИИГГиМС Тонодский район был отнесен к числу перспективных на выявление уранового оруденения типа несогласия. В целом по району учтены прогнозные ресурсы урана кат. Р<sub>3</sub> 40 тыс. т (ВИМС, 2008).

Анализ имеющихся фактических материалов (ГК-1000/3) и полученных дополнительных данных (ГДП-200/2) позволяет с новых позиций оценить перспективы промышленной ураноносности и комплексной рудоносности Чуйско-Тонодской МЗ. Большинство известных здесь урановорудных объектов расположено в пределах Тонодского РР, где к настоящему времени открыты Туюканское месторождение и 24 рудопроявления урана. Эти объ-

екты и многочисленные пункты радиоактивной минерализации сосредоточены в Туюканском РУ и выделенных Амандракской, Станнахской, Хайвергинской и Семикачинской рудоносных площадях (рис. 2). Вне рудных районов Чуйско-Тонодской МЗ локализована Сехтинская рудоносная площадь. Перечисленные площади соответствуют рангу рудных узлов, при этом Амандракская, Станнахская и Сехтинская располагают перспективами потенциальных рудных узлов, а Хайвергинская и Семикачинская отнесены к площадям с неясными перспективами.

**Туюканский олово-урановорудный РУ.** Главный объект этого узла — урановорудное поле Туюканского месторождения, залегающего среди дезинтегрированных и интенсивно измененных гранитов Кевактинского массива с ксенолитами пород албазинской и михайловской свит. Рудоконтролирующее значение имеет субширотное тектоническое нарушение, субпараллельное границе выходов отложений нижнерифейского чехла (пурпольской свиты) и отождествляемое с древней линейной корой выветривания. Сульфидно-наступанное оруденение прослежено на протяжении 3 км в виде пяти урановорудных залежей, наиболее крупная № 1 объединяет кулисорасположенные рудные тела ветвящейся формы с раздувами и пережимами. На поверхности и до глубины 210 м вскрывается несколько рудных тел переменной мощностью от 1 до 46 м с содержанием урана 0,05–0,4%. На глубине 300 м количество рудных тел сокращается до двух мощностью 3,5 и 12,7 м при содержаниях урана 0,04–0,064%, а на глубине 440 м оруденение выклинивается. Реконструкция предрифейского ССН относительно рудной залежи № 1 показывает, что формирование уранового оруденения происходило в интервале 0–350 м от поверхности несогласия, современный выход залежи на дневную поверхность находится в 120 м от несогласия. Запасы урана предварительно оценены в 4,9 тыс. т кат. С<sub>2</sub> при среднем содержании урана 0,07%, а прогнозные ресурсы — в 8,3 тыс. т кат. Р<sub>1</sub> и 15,3 тыс. т кат. Р<sub>2</sub> [3]. Месторождение не получило окончательной оценки. В близкой геологической обстановке на участке рудопроявления Натали выявлены признаки богатых урановых руд, представленных линзами крупногнездовых скоплений почковидного настурана с содержаниями урана до 8,6 при среднем 0,5%.

**Амандракский потенциальный урановорудный РУ.** Выделен в границах одноименного гранитного массива (купола), в тектонизированных краевых частях которого структурно сгруппированы наиболее значимые урановые объекты и локализованы перспективные участки Амандракский и Волка-Умакитский.

Участок Амандракский объединяет урановые рудопроявления Амандракское, Коллективное и ряд перспективных аномалий и пунктов минерализации урана. На рудопроявлении Амандракское выявлено пять ураноносных зон с содержанием урана от 0,01 до 0,7–1,15 при среднем около 0,05%. Мощность интервалов с кондиционным урановым оруденением достигает 11,7 м. Оруденение прослежено до глубины 350 м. На рудопроявлении Коллективное установлены четыре ураноносные зоны, в которых на поверхности вскрыто преимущественно забалансовое, а на глубине 30–50 м кондиционное оруденение с содержанием урана 0,05–0,2%.

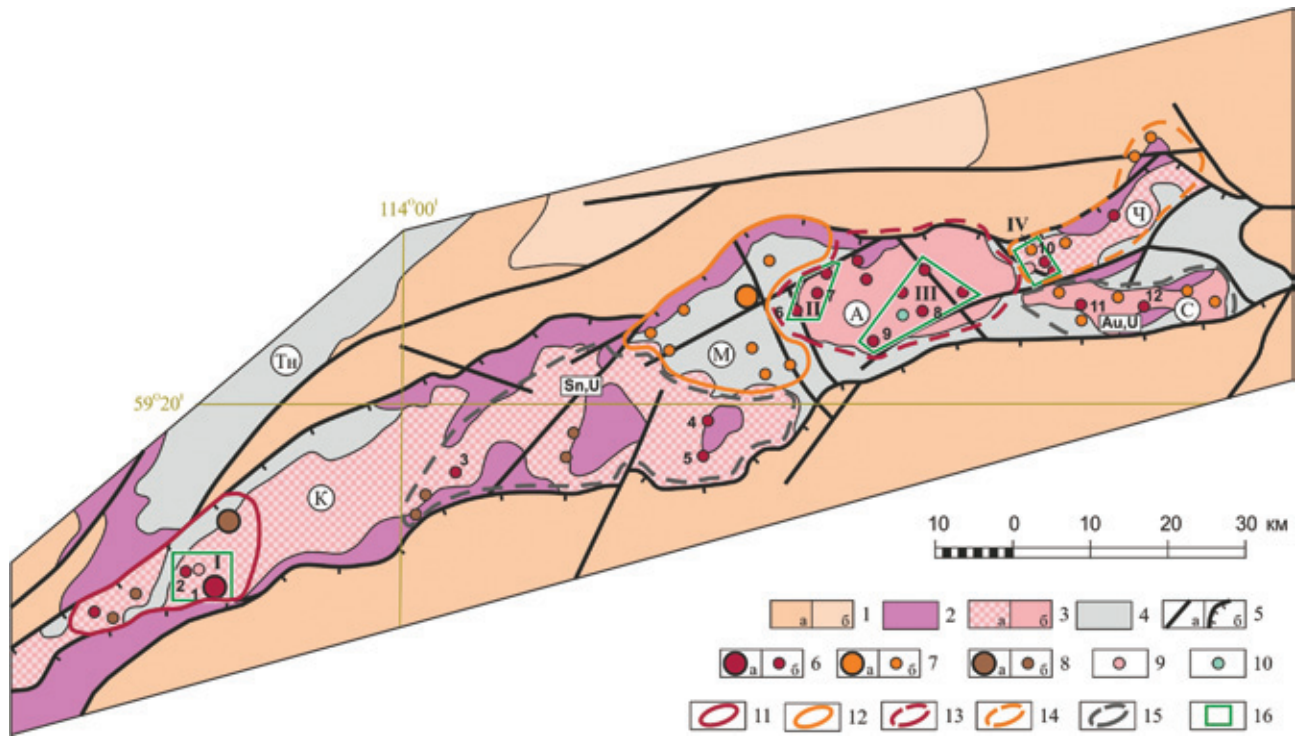


Рис. 2. Схема геологического строения и металлогенического районирования Тондодского района. Сост. с использованием материалов Н. К. Коробейникова и др. (2013)

1, 2 – отложения рифейского чехла: 1 – среднерифейские балаганахской серии (а) и верхнерифейские дальнетайгинской серии (б), 2 – нижне-среднерифейские пурпольской и медвежьей свит; 3, 4 – образования кристаллического фундамента: 3 – позднекарельские гранитоиды чуйско-нечерского комплекса, в том числе порфиридные граниты (а) и лейкограниты (б), 4 – нижнекарельские метапесчаники и алевросланцы албаинской и михайловской свит; 5 – разрывные нарушения (а), в том числе надвиги (б); 6–8 – месторождения (а) и рудопроявления (б): 6 – урана, 7 – золота рудного, 8 – олова; 9, 10 – рудопроявления: 9 – вольфрама, 10 – бериллия; 11–14 – рудные узлы: 11 – Туюканский олово-урановорудный, 12 – Кевактинский золоторудно-россыпной, 13 – Амандракский потенциальный урановорудный, 14 – Станнахский потенциальный вольфрамо-урано-золоторудный; 15 – рудоносные площади с неясными перспективами: Хайвергинская (Sn, U) и Семикачинская (Au, U); 16 – участки с установленным развитием кондиционного уранового оруденения: Туюканский (I), Амандракский (II), Волка-Умакитский (III), Комплексный (IV). Номера обозначены основные объекты урана: месторождение Туюканское (1), рудопроявления Натали (2), Давледжит (3), Тепторго (4), Фестивальное (5), Амандракское (6), Коллективное (7), Волка-Умакит (8), Хоной (9), № 2 и № 4 (10), Крутое (11), Поперечное (12). Буквы в кружках: главные морфоструктурные элементы Тондодского поднятия (М – Михайловская брахисинклиналь, К – Кевактинский, А – Амандракский, Ч – Челонченский, С – Семикачинский гранитоидные массивы), Тн – Туюканское поднятие

Участок Волка-Умакитский на юго-востоке Амандракского массива характеризуют урановые рудопроявления Волка-Умакит, Хоной и др., с которыми пространственно сближены проявления бериллия грейзенового типа. На рудопроявлении Волка-Умакит кондиционное оруденение со средним содержанием урана 0,054–0,07% выявлено в двух протяженных зонах мощностью 10–25 м. В богатых рудных линзах содержание урана от 0,1 (на мощность 6,9 м) до 1,3% (на мощность 0,5 м). В наиболее перспективной центральной части рудопроявления Хоной в узле пересечения ураноносных зон, вскрыт рудный штокверк со средним содержанием урана 0,13% (на мощность 5 м). Прочие рудопроявления (Удачное, Верное) также характеризуются кондиционным урановым оруденением, развивающимся в крутопадающих и пологозалегающих ураноносных зонах, в том числе развитых непосредственно у контакта с нижнерифейскими отложениями пурпольской свиты.

**Станнахский потенциальный вольфрамо-урано-золоторудный РУ** охватывает Челонченский гранитоидный массив и его обрамление. Характеризуется многочисленными золото-кварцевыми и золото-сульфидно-кварцевыми проявлениями в зонах СРД, а также заслуживающими внимания

концентрациями золота в метасоматизированных конгломератах основания нижнего рифея.

Наибольшей рудонасыщенностью выделяется юго-западная часть узла, где локализован участок Комплексный с рудопроявлениями урана, золота и вольфрама. На рудопроявлении № 2 в скважинах глубиной до 130 м вскрыты аномальные интервалы мощностью 10–15 м с содержанием урана 0,01–0,14%, а на рудопроявлении № 4 выявлено 25 рудных тел с содержанием урана 0,01–0,2 до 2,1%. В пределах ураноносных и сближенных с ними тектоно-метасоматических зон развито золото-щелочное оруденение жильного и скарнового типов (с общими ресурсами  $WO_3$  6 тыс. т кат. Р<sub>2</sub>), а также заслуживающие внимания золото-полиметаллические проявления, содержащие рудные концентрации золота до 32, серебра до 900 г/т, свинца до 8, висмута до 1% и другие компоненты.

**Хайвергинская урано-оловоносная и Семикачинская урано-золотоносная площади.** Обе площади характеризуются неравномерной и в основном слабой поисковой изученностью.

Хайвергинская площадь обособлена в восточной части Кевактинского массива, где сохранились обширные покровы нижнерифейских отложений пурпольской свиты. Этими покровами контроли-

руется и экранируется оруденение изучавшихся объектов олова и урана. Первые из них представлены рудопоявлениями Серебристое (Северное и Южное) и Сентябрьское (Северное и Южное), характеризующимися в основном бедным касситерит-кварцевым оруденением среди гранитов при предполагаемой сохранности более богатых руд в подэкранной обстановке. Вблизи выходов нижнерифейских отложений расположено урановое рудопоявление Давледжакит, контролирующееся пологой зоной дробления гранитов и углеродистых сланцев, а рудопоявления Тепторго и Фестивальное локализованы непосредственно в кварцевых песчаниках основания и высокоглиноземистых сланцах средней части разреза пурпольской свиты. Перечисленные объекты характеризуются содержанием урана от 0,01–0,13 до 0,25% при незначительных параметрах рудных тел с кондиционным урановым оруденением.

На Семикачинской площади, в границах одноименного массива и его экзоконтактов, распространены не получившие оценки золото-сульфидные и золото-кварцевые проявления, а также урановые аномалии. Поисковые работы на рудопоявлениях Поперечное и Крутое (рис. 2) показали развитие среди гранит-метаморфических образований убогого уранового оруденения с ожидаемым улучшением качества руд на границе с нижнерифейскими отложениями (в зоне предрифейского ССН).

**Сехтинский потенциальный уран-редкометалльный РУ** локализован в центральной части Чуйского поднятия (рис. 1), где охватывает блок осадочно-вулканогенных образований нижекарельского большеминьского комплекса. В границах данного узла расположены перспективные участки Марининский, Озерный и рудопоявление Сехта.

Участки Марининский и Озерный характеризуются оруденением бериллиеносной вольфрамитовой кварцевой и вольфрамитовой россыпной формаций. Рудоконтролирующими структурами являются зоны дробления и интенсивного окварцевания зеленокаменных образований большеминьского комплекса. На Марининском рудопоявлении выделены четыре линейные жильно-штоковерковые зоны с вольфрамитом и бериллом в многочисленных кварцевых жилах. Среднее содержание  $WO_3$  около 1,4, в ореолах околожильных изменений 0,73%. Прогнозные ресурсы кат.  $P_2$  25,6  $WO_3$  и 1,3 тыс. т  $BeO$ ; кат.  $P_3$  64,5 тыс. т  $WO_3$ . Марининская россыпь объединяет пять россыпей с прогнозными ресурсами  $WO_3$  0,3 тыс. т кат.  $P_2$  и 1,4 тыс. т кат.  $P_3$ .

Рудопоявление урана Сехта приурочено к пачке грубообломочных пород основания большеминьского комплекса и включает несколько участков аномальной радиоактивности. На обследованных Западном и Восточном участках среди конгломератов выявлены тела с урановым оруденением в виде линз и протяженных пластообразных залежей мощностью до 10 м. Урановая минерализация развивается в цементе вмещающих пород, интенсивно хлоритизированных (в форме шамозита), гематитизированных и пиритизированных. Руды Западного участка по среднему содержанию урана удовлетворяют промышленным требованиям (0,1–0,26% урана на мощности 5–5,5 м). Рассматривается гидротермальный генезис данного объекта и его непосредственная связь с зоной несогласия в основании большеминьского комплекса.

### Особенности уранового рудоформирования.

1. Первичные минералы урановых руд представлены в основном настуранами нескольких генераций и уранинитом, с которыми ассоциируют коффинит и реже браннерит. Ведущим минеральным типом является сульфидно-настурановый. В состав оруденения (в разных соотношениях) входят пирит, пирротин, галенит, халькопирит, арсенопирит, клейофан, молибденит, а также ильменит и магнетит. В числе редких минералов сульфиды и арсениды Ni и Co типа миллерита и скуттерудита. В зоне окисления, которая достигает глубины 100 м и более, распространены отенит, торбернит, уранофан, ураноспинит и др. Руды, как правило, бесториевые. В них в переменных количествах накапливаются Pb, Cu, Zn, As, Ag, Bi, W, Sn, V, Ni, Co. В ряде проявлений установлены рудные концентрации золота, а также платины (Натали).

Результаты проведенного опробования показывают, что руды изучавшихся урановых объектов можно отнести к классам рядовых и богатых (Туюканский РУ) или рядовых с признаками богатых (Амандракский, Сехтинский потенциальные РУ). На остальных площадях выявлено преимущественно бедное и забалансовое оруденение.

2. Отложению собственно урановых концентраций предшествовали дорудные (рудоподготовительные) процессы кремнещелочного метасоматоза и грейзенизации в форме окварцевания, микроклинизации, альбитизации, мусковитизации, турмалинизации, ранней биотитизации. В связи с продуктами кремнещелочного метасоматоза зафиксированы реликтовые U-Th-REE парагенезисы с ортитом, цирконом, монацитом, урансодержащим ксенотимом, ураноторитом и торитом. Характерными новообразованиями околорудного пространства считаются серицит, хлорит, гематит, карбонаты и гидрослюды. На наиболее изученных объектах в качестве рудных стадий выделяются грейзен-березитовая (с кварцем, мусковитом, серицитом, сульфидами), пропиловитовая (с флогопитом, хлоритом, клиноцоизитом и др.) и аргиллизитовая (глинисто-гидрослюдистая). Рудоформирующее значение отводится стадиям сопряженного низкотемпературного кислотного выщелачивания и субщелочного железо-магнезиального метасоматоза [5], выраженным глинисто-гидрослюдистыми и пропиловитовыми изменениями вмещающих пород с наблюдаемым преимущественным отложением настурана и уранинита в биотите (флогопите), хлорите, карбонате и гидрослюде. На рудопоявлениях урана в рифейских отложениях (Тепторго, Фестивальное) и конгломератах основания нижекарельского большеминьского комплекса (Сехта) преимущественно проявлен магнезиально-железистый метасоматоз с новообразованиями шамозита и гематита.

3. Урановое оруденение контролируется разрывными нарушениями северо-восточной, северо-западной, реже близширотной и меридиональной ориентировки. Отдельные ураноносные структуры представлены крутопадающими и пологозалегающими зонами рассланцевания, милонитизации и дробления с широким развитием катаклазитов и брекчий. В качестве важнейшего структурного фактора рудолокализации на большинстве урановых проявлений выступают узлы пересечения северо-восточных и северо-западных разломов. Не менее важное значение имеет наблюдаемое сочетание крутопадающих и пологозалегающих структур

и широкая проявленность последних (в том числе в отложениях рифейского чехла), выраженных зонами СРД в связи с раннепалеозойскими подвижками шарьяжно-надвигового типа.

В числе рудоконтролирующих структур рассматривается предрифейское ССН в основании нижнерифейской пурпольской свиты, маркируемое остаточной корой выветривания и вышележащими (частью минерализованными) кварцевыми песчаниками и конгломератами, содержащими золото и циркон-ильменит-монацитовую (с торием и ураном) минерализацию. Благоприятны для рудолокализации, на примере урановорудных залежей Туюканского месторождения, зоны дезинтеграции образований фундамента (гранитов и вмещающих пород), которые сопоставляются с продуктами предрифейского линейного корообразования. Рудоконтролирующая роль прекарельского несогласия требует дополнительного обоснования.

4. В качестве рудовмещающей среды выступают высокоспециализированные граниты и метаосадочные породы кевактинской серии, причем граниты Тонодского поднятия (чуйско-нечерского комплекса) изначально обогащены радиоэлементами, перераспределенными в ходе регионально проявленных постмагматических процессов кремнещелочного метасоматоза и грейзенизации. Определяющим литологическим фактором рудолокализации считаются углеродистые (графитистые) метапесчаники и сланцы, испытавшие катаклаз и биотитизацию, а наиболее благоприятной литологической обстановкой — участки насыщения гранитов ксенолитами этих пород.

5. Специфика рассмотренных поднятий и подобных структур Прибайкальско-Патомской краевой системы заключается в полихронном проявлении магматизма, метаморфических, динамометаморфических, сопряженных гидротермально-метасоматических процессов и телескопированном урановом минералообразовании, что послужило основанием для выделения патомского типа уранового оруденения [5]. Это оруденение было последовательно сформировано на позднекарельском (рудоподготовительном) и позднепротерозойском (урановорудном) этапах тектоно-магматической активизации и преобразовано во время раннекаледонского и отчасти герцинского тектогенезов. Следует учитывать, что на Нечерском поднятии с раннекаледонским складчато-надвиговым тектогенезом связывается регенерация рифейского уранового оруденения с признаками богатого рудоконцентрирования в надвиговых зонах среди гранитизированных графитовых гнейсов [6], с последующей ремобилизацией урана в герцинское время [1].

Имеющиеся данные изотопно-геохронологических исследований в Тонодском РР показывают, что достоверные рифейские датировки руд получены на урановых объектах Туюканского узла (1350 и 1000–850 Ма) и Хайвергинской площади (1200 и 850 Ма), а раннепалеозойские, отвечающие поздним генерациям настурана, на рудопроявлениях Амандракское (560–530 Ма), Давледжакит (510 Ма) и Комплексное (440 Ма). Близкие рубежи формирования установлены для жильного сульфидно-кварцевого касситеритового (около 800 Ма) и золотого (490–440 Ма) оруденения.

**Перспективы и рекомендации.** Известные урановые объекты Тонодского РР характеризуются жильным (жильно-штоковерковым) типом оруде-

нения в зонах дробления гранитов и вмещающих метаморфических пород, имея в этом отношении некоторое сходство с жильными фанерозойскими и более древними гидротермальными урановыми месторождениями. Фактические данные только косвенно подтверждают предполагаемую ранее принадлежность объектов Тонодского РР к оруденению типа несогласия при несомненной роли поверхности предрифейского ССН и рифейского чехла в качестве дополнительных факторов, влияющих на структурный контроль, морфологию и сохранность жильного оруденения, в наблюдавшихся обстановках.

Практика поисковых работ в Северном Забайкалье показала отсутствие промышленного уранового оруденения на изучавшихся территориях (Акитканский, Чарский районы). Тем не менее, остается актуальной проблема поисков слабопроявленного и слепого гидротермального оруденения в новых и нетрадиционных геолого-структурных обстановках. Выделение таких обстановок в районах со сложноподстилаемым строением и неоднократно преобразованными древними гранит-метаморфическими комплексами вполне реально и является одной из главных задач дальнейших, последовательно проводимых геологоразведочных работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы урана на наиболее перспективных площадях.

На территории Прибайкальско-Патомской краевой системы таким районом рассматривается Тонодский РР, включающий комплекс полезных ископаемых (в том числе высоколиквидных и дефицитных), объединенный с Витимским железорудным районом общей инфраструктурой и образующий совместно с ним перспективный минерально-сырьевой центр. В Тонодском районе в числе наиболее перспективных и подготовленных (в том числе с завершаемыми работами в рамках ГДП-200/2) рассматриваются площади Туюканского РУ, Амандракского и Станнахского потенциальных РУ.

В соответствии с разработанными в ЦНИГРИ проектами «Методических рекомендаций по программно-целевому планированию воспроизводства минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых в пределах минерально-сырьевых центров» и «Положения о порядке проведения геологоразведочных работ по этапам и стадиям (твердые полезные ископаемые)» на перечисленных площадях рекомендуется проведение поисковых на уран работ и общих поисков с целью подготовки и обеспечения фронта поисковых работ на комплекс полезных ископаемых.

**Поисковые работы.** Поиски промышленных месторождений урана необходимо сосредоточить в Туюканском и Амандракском узлах.

В Туюканском РУ установлено формирование рядового и богатого уранового оруденения с необходимыми параметрами. По этим показателям и степени изученности в центральной части этой площади локализован участок Туюканский, наиболее подготовленный для проведения первоочередных поисковых работ (рис. 2).

*Амандракский потенциальный РУ* включает перспективные участки Амандракский и Волка-Умакитский с определенными ураноносными структурами, ранее рекомендованными к доизучению. Участок Амандракский располагает наиболее значительным ресурсным потенциалом урана (15,4 тыс. т. кат. P<sub>2</sub>) и перспективами выявления

промышленного уранового оруденения (Ю.А. Горбунов и др., 1990).

**Общие поиски.** Постановка общих поисков для создания многоплановых основ ведения дальнейших поисковых работ целесообразна на площади Станнахского потенциального РУ с локализацией рудных полей и оценкой ресурсного потенциала золота, урана и вольфрама, в первую очередь, на юго-западе данной площади (участок Комплексный). Такие же работы стадии общих поисков могут быть рекомендованы в пределах Сехтинского потенциального уран-редкометалльного РУ, выделенного на территории Чуйского поднятия.

Остальные выделенные площади можно рассматривать в качестве резервных для дальнейшего вовлечения в объекты геологоразведочных работ. Особо подчеркнем, что положительный результат может быть достигнут только при строгом соблюдении этапности, методик работ (геолого-геофизических, геохимических, опытно-методических и др.) и с учетом опыта исследований БФ «Сосновгеология» и ОАО «Сосновгео» в соседних районах Северного Забайкалья.

1. Голубев В.Н., Макарьев Л.Б., Былинская Л.В. Отложение и ремобилизация урана в Северо-Байкальском регионе, по данным анализа U-Pb изотопных систем ура-

новых руд // Геология рудных м-ний. 2008. Т. 50. № 6. – С. 548–557.

2. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Алдано-Забайкальская. Лист О-50 – Бодайбо. Объяснительная записка. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2010.

3. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Алдано-Забайкальская. Лист О-49 – Киренск. Объяснительная записка. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2012.

4. Ларин А.М., Сальникова Е.Б., Котов А.Б. и др. Раннепротерозойские коллизионные и постколлизионные граниты северной части Байкальской складчатой области // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2006. Т. 14. № 5. – С. 3–15.

5. Макарьев Л.Б., Дитмар Г.В., Павлов М.В. К проблеме оруденения типа несогласия Патомского нагорья // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. 1992. Вып. 134. – С. 101–108.

6. Макарьев Л.Б., Былинская Л.В., Павлов М.В. Урановое и благороднометалльное оруденение северной части Нечерского поднятия (Бульбухтинская площадь): вещественные особенности и стадийность формирования // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. 2005. Вып. 147. – С. 69–83.

7. Макарьев Л.Б., Миронов Ю.Б., Митрофанов Г.Л. Благородные металлы и уран в раннекаральских зеленокаменных структурах Северного Забайкалья // Разведка и охрана недр. 2012. № 1. – С. 10–15.

*Макарьев Леонид Борисович* – канд. геол.-минер. наук, вед. специалист, ВСЕГЕИ. <ogumr@vsegei.ru>.

*Миронов Юрий Борисович* – доктор геол.-минер. наук, зав. отделом, ВСЕГЕИ. <Yuri Mironov@vsegei.ru>.