

17. Учителева Л. Г. Минеральные воды Западно-Сибирского артезианского бассейна. Москва. «Недра», 1974. – 163 с.
18. Чернев Е. М. Обнаружение урана гидрогенного типа юго-восточной части Западно-Сибирского региона на основе профильных геохимических исследований // Проблемы геологии и освоения недр: Сборник докладов XII Международного симпозиума им. акад. М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященный 100-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири и 90-летию создания Сибгеолкома в России – Томск, ТПУ, 14–17 апр. 2008. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – С. 193–195.
19. Язиков В. Г. Чу-Сарысуйская и Сырдарьинская урановорудные провинции – условия локализации и перспективы обнаружения новых урановых руд // Второй международный симпозиум. Уран: ресурсы и производство. Москва, 26–28 ноября 2008 г. Сборник трудов. – М.: ВИМС, 2009. – С. 296–306.
20. Adams S. S. and Saucier A. E. Geology and recognition criteria for uraniferous humate deposits Grants Uranium Region, New Mexico, final report 1981. Prepared for the U.S. Department of Energy Grand Junction, Colorado, 9–12, 24–59–63, 70–119 pp.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ЗОЛОТО-УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ЮГЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ

В. А. Домаренко<sup>1</sup>, Р. Ю. Гаврилов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>РАЕН [viktor\\_domarenko@mail.ru](mailto:viktor_domarenko@mail.ru)

<sup>2</sup>Томский политехнический университет  
Томск, Россия, [gavrilovroman9@mail.ru](mailto:gavrilovroman9@mail.ru)

## PROSPECTS FOR DETECTING COMPLEX GOLD-URANIUM DEPOSITS IN THE SOUTH OF CENTRAL SIBERIA

V. A. Domarenko<sup>1</sup>, R. Yu. Gavrilov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>RANS [viktor\\_domarenko@mail.ru](mailto:viktor_domarenko@mail.ru)

<sup>2</sup>Tomsk Polytechnic University  
Tomsk, Russia, [gavrilovroman9@mail.ru](mailto:gavrilovroman9@mail.ru)

Currently, the IAEA widely applies the classification of industrial types of uranium deposits based on the use of leading characteristics. The most commonly used ones are: unconformity type (vein-like), sandstone type (sandstones), paleoconglomerates, intra-intrusive (porphyry), volcanogenic, surface (calcarets), and some others. The deposits of dissent have gained great appeal as a complex gold-uranium and gold-platinoid (with or without uranium). Relatively new for the framing of the Siberian craton is the gold-uranium objects, conditionally assigned by us to the "Carlin" type in substantially carbonate deposits of the Late Riphean age.

### Введение

В мировой практике применяется классификация промышленных типов урановых месторождений основанная на использовании ведущих признаков. Наиболее часто употребляемые из них: тип несогласия (жилообразный), песчаниковый тип (песчаники), палеоконгломераты, внутриинтрузивные (порфировые), вулканогенные, поверхностные (калькреды) и некоторые другие. По разведанным запасам промышленной категории (80 долл./кг урана) по месторождениям Мира (без Европы и СССР) на 2017 г. главную роль играли песчаники 28,5 %, жилообразные (тип несогласия) – 24,5 %, в вулканиках – 15,5 %, в древних конгломератах – 15,5 %, в интрузивных и метаморфических породах – 12,2 %, другие – 3,5 %. В

последние годы тип несогласия приобретает все возрастающее значение, так по добыче урана это соотношение следующее: тип несогласия – 42,7 %, песчаниковый – 21,3 %, жильный – 15 %, гранитный – 7 %, конгломератовый – 5,1 % [1, 7, 9].

В настоящее время месторождения несогласия получили еще большую привлекательность, как комплексные золото-урановые и золото-платиноидные (с ураном или без него), особенно в Северной Австралии (геосинклиналь Пайн-Крик). В этой провинции известно свыше 20 золотых и золото-платиноидных месторождений и каждые 2 года открывается новое с запасами в десятки тонн золота. При этом радиационные методы поисков могут быть использованы для обнаружения и оценки этих месторождений.

## Материалы и методы

Центрально-Сибирский регион объединяет исторически и социально-экономически взаимосвязанные Красноярский край, включая Таймырский и Эвенкийский автономные округа, республики Хакасия и Тыва, располагается в самом центре России на пересечении речных, железнодорожных и авиационных линий и характеризуется, особенно в центральной части, развитой энергетикой, перерабатывающей и машиностроительной промышленностью.

По современным представлениям описываемая часть Сибири является аккреционно-коллизией структурой, образованной на периферии Сибирской платформы в результате эволюции Палеоазиатского океана. Этапы этой эволюции отражены и в геологической истории описываемой территории. Всего для данного участка земной коры выделяется 5 этапов развития, охарактеризованных в структурно-вещественных комплексах (СВК) [8]:

1. Этап, завершённый метаморфизмом зеленосланцевой ступени ( $R_3$ ).
2. Поздний рифей-вендский этап формирования карбонатных толщ в шельфовом бассейне.
3. Венд-раннекембрийский и среднекембрийский магматизм и сопутствующее осадконакопление.
4. Позднекембрийско-раннеордовикский коллизионный этап.
5. Раннедевонско-пермский рифтогенез

Анализ геологических обстановок южного обрамления Сибирской платформы, включающего Алтае-Саянскую складчатую область и Енисейский кряж, позволяет с уверенностью констатировать, что на этой территории возможно обнаружение месторождений ведущих геолого-промышленных типов, в том числе металлоносных конгломератов с ураном и золотом, объектов «типа несогласия», а также типа Карлин в разновозрастных песчаниково-карбонатных толщах.

## Результаты и обсуждение

### 1. Металлоносные конгломераты

Распределение золотоносных и ураноносных конгломератов во времени можно охарактеризовать следующим образом:

**Фанерозой:** главным образом золотая минерализация с немногочисленными предполагаемыми концентрациями урана; промышленный потенциал гораздо ниже, чем у протерозойских конгломератов.

**Верхний протерозой:** явное отсутствие вообще каких-либо значительных месторождений золота или урана в конгломератах возрастом 700–1600 млн. лет.

**Средний протерозой:** очень ограниченное развитие золотоносных конгломератов в период 1600–2200 млн. лет назад, урановой минерализации не известно; наиболее распространенные рудные ми-

нералы – обломочные окислы железа, а не сульфиды железа; золотоносные конгломераты фактически исчезают сразу после завершения формирования глобально распространенных железистых кварцитов; оптимальное время для минерализованных конгломератов типа Тарква.

**Нижний протерозой:** широко распространены золотоносные и ураноносные конгломераты; фации с промышленными рудами очень ограничены и по латерали, и по вертикали; обломочные золото, уранинит и пирит – характерные компоненты матрицы конгломератов; в отложениях возрастом 2200–2500 млн. лет концентрации урана явно преобладают над концентрациями золота, но в более древних слоях (2500–3100 млн. лет) концентрации золота возрастают; оптимальное время для минерализованных конгломератов гуронского и витватерсрандского типов.

**Архей:** очень ограниченное развитие золото- и ураноносных конгломератов с пиритом в завершающую стадию формирования зеленокаменных поясов; эти архейские образования с трудом отличимы от наиболее ранних нижнепротерозойских.

В пределах южного обрамления Сибирской платформы мы прогнозируем обнаружение металлоносных конгломератов в среднепротерозойских конгломератах Енисейского кряжа, Пезасского горста Кузнецкого Алатау и на Анабарском щите [4, 5, 6].

### 2. Месторождения в зонах структурно-стратиграфического несогласия

Если исходить из аналогии с известными месторождениями Австралии и Канады, то при выборе районов для поисков месторождений «типа несогласия» в Центрально-Сибирском регионе наиболее подходят Анабарский щит, Енисейский кряж и Протеросаян, в пределах которых субплатформенные образования позднего протерозоя представлены красноцветными и пестроцветными плохо отсортированными конгломератами, песчаниками, алевролитами, с резким несогласием залегающими на архейско-раннепротерозойском фундаменте. В фундаменте распространены горизонты хорошо проводящих черных графитсодержащих сланцев и гранито-гнейсовые купола. Терригенные толщи субплатформенного чехла залегают на коре выветривания пород фундамента (реголите). Активизационные процессы выражены в широко проявленной тектономагматической деятельности.

Ранее проведенными работами в области развития зон ССН подтверждено развитие урановорудного процесса. Так в породах фундамента выявлены месторождения Осиновское, Кременецкое, рудопроявления Кутукаское, Ясное, Полярное, Кедровое, Олень (Енисейский кряж), Безымянное, Меридиональное, Рденское (Восточный Саян). Из сопутствующих отмечается медь до 1 %, золото 1–29 г/т (Кедровое, Олень, Кременецкое месторождения).

Проведенные в Центрально-Сибирском регионе работы позволяют рассматривать в качестве перспективных на выявление богатого уранового оруденения в связи с зонами ССН и другими благоприятными геолого-структурными обстановками Кутукасскую и Южно-Енисейскую площади Енисейского кряжа, Манскую и Туманшетскую – Восточного Саяна, а также наименее изученную северо-западную часть Анабарского щита [3, 6, 10].

### 3. Поверхностные месторождения типа Карлин

Тип «Карлин» представляется нам новым, нетрадиционным для южного обрамления Сибирской платформы.

Наиболее благоприятными структурами для локализации золотого с ураном оруденения типа «Карлин» в обрамлении Сибирского кратона являются существенно карбонатные прогибы позднерифейского возраста – Тейский, Каитьбинский и Горбилокско-Каменский, а также нижнепалеозойские структуры обрамления Тайдонской и Талановской ВТС Мариинской Тайги в северной части Кузнецкого Алатау [2]. Именно эти структуры, по-видимому, ближе всего соответствуют региональной тектонической позиции золоторудных районов США и Китая. Они располагаются в краевой части Сибирской платформы, в области перехода к перикратонному прогибу. Верхнерифейские отложения мощностью до 2000 м ложатся на размытую поверхность ниже-среднерифейских, реже нижнепротерозойских геосинклинальных отложений мощностью до 5000–6000 м. Строго говоря, рифейские отложения не являются типичными террейнами ввиду их относительно малой мощности, хотя местами и характеризуются напряженной линейной складчатостью.

В качестве прямых признаков возможности обнаружения промышленного золотого оруденения в пределах Каитьбинской структуры является открытие геологами ФУГП «Берёзовгеология» Зыряновского проявления, приуроченного к корам выветривания, развитым, скорее всего, по останцам карбонатных пород степановской (?) толщи, перекрывающей сланцы удерейской, погорюйской и горбилокской свит среднего рифея [2, 6].

Другим прямым признаком золотоносности карбонатных отложений верхнего рифея является находка А. К. Мастером в начале прошлого века [3] в карбонатном разрезе в нижнем течении р. Ангары, ниже устья р. Погромной, в коренном обнажении содержания золота 20 долей на 100 пудов (около 0,6 г/т). По современным представлениям этот разрез относится к отложениям горевской или степановской свит среднего рифея. Подобные точки с повышенными содержаниями золота имеются и в пределах других перспективных площадей.

Не исключено открытие объектов такого типа и в Восточном Саяне, где нами обнаружено проявление «Находка» в карбонатных отложениях кембрия Манского прогиба и Кузнецком Алатау (Богородско-Боголюбовская зона, рудные поля Ключевое и Казанское

При изучении карбонатных и карбонатно-сланцевых разрезов особое внимание следует уделять метасоматитам, подробно описанным в работе Ю. А. Бакулина и др. [1], таким как декарбонатизация, аргиллизация, образование джаспероидов, окварцевание, сульфидизация. Под декарбонатизацией понимается вынос карбонатной составляющей с ее растворением и, как следствие, накопление глинистого и песчано-глинистого материала. Аргиллизация на месторождениях типа «Карлин» не отвечает в должной мере аргиллизитам в их классическом понимании, впрочем, как и другие виды метасоматитов. Процесс образования «аргиллизитов» сопровождается декарбонатизацией и особенно хорошо развит в алевритистых известняках, известково-глинистых сланцах.

Образование джаспероидов, по существу, рассматривается как синоним «окварцевания». Под джаспероидами понимаются интенсивно декарбонатизированные кремненные породы, содержащие в тех или иных количествах золото. Окварцевание – это такое условное название дано изменению состава пород в результате пассивного увеличения кремнезема при выносе карбонатов. При выделении сульфидизации необходимо определять состав сульфидов, их морфологию, особенно в применении к пириту.

Такие работы позволят выделить золотоносные горизонты, участки, толщи с повышенными концентрациями золота, заслуживающие их дальнейшего изучения по простиранию и на глубину, а также выделение в пределах них кор выветривания, которые, как известно, существенно увеличивают концентрации золота.

Месторождения золота, локализующиеся в корях выветривания различного типа являются вторичными, образованными на золотоносном субстрате, поэтому выявление пород с повышенными содержаниями золота определяют поиски под ними кор выветривания.

В первую очередь следует изучить разрезы карбонатных пород верхнерифейско-кембрийского юго-западного обрамления Сибирского кратона.

### Заключение

Анализ геологических обстановок южного обрамления Сибирской платформы, включающего Алтае-Саянскую складчатую область и Енисейский кряж можно с уверенностью констатировать что на этой территории возможно обнаружение месторождений ведущих геолого-промышленных типов, в том числе

металлоносных конгломератов с ураном и золотом, объектов типа несогласия, а также типа Карлин в разновозрастных песчаниково-карбонатных толщах.

Публикация осуществлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований 19-45-700001\19.

### Литература

1. Бакулин Ю. И., Буряк В. А., Пересторонин А. Е. Карлинский тип золотого оруденения. – Хабаровск. Из-во ДВИМС, 2001. – 159 с.
2. Домаренко В. А. и др. Перспективы поисков месторождений типа «Карлин» в Енисейской золоторудной провинции // *Благородные и редкие металлы Сибири и Дальнего Востока*, 2005. – С. 134–135.
3. Еханин А. Г., Домаренко В. А., Молчанов В. И. Золото-урановые с платиноидами месторождения «типа несогласия» и перспективы их обнаружения в Красноярском крае // *Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири*. – Красноярск: КНИИГиМС, 2000. – С. 133–143.
4. Мейстер А. К. Геологическая карта Енисейского золотоносного района. Описание листа Л-7. Тип. М. Стасюлевича, С. Петербургъ, 1904.
5. Мкртычян А. К., Шерман М. Л. Геологическая карта Енисейского края. Масштаб 1 : 500 000, 1998.
6. Петров В. Г. Перспективы минерально-сырьевой базы золота Енисейского края. // *Состояние и проблемы геологического изучения недр и развития минерально-сырьевой базы Красноярского края*. – Красноярск: КНИИГиМС, 2003. – С. 226–230.
7. Тарханов А. В., Бойцов А. В. Уран: ресурсы, производство и потребности. Минеральные ресурсы России. Экономика и управление, 2001. – № 4. – С. 18–24.
8. Сердюк С. С. Золотоносные провинции Центральной Сибири: геология, минерагения и перспективы освоения. – Красноярск: КНИИГиМС, 2004. – 479 с.
9. Хаусен Д. М., Керр П. Ф. Месторождение тонкодисперсного золота Карлин, штат Невада. // *Рудные месторождения США*, 1973. – Т. 2. – С. 590–624.
10. Masood Ahmad. Geology and mineral deposits of the Pine Creek Inlier and Mc Arthur Basin, Northern Territory. *Journal of Australian Geology & Geophysics*, 1998. – Vol. 17 (3). – P. 1–17.