

приуроченности флюидных включений в минералах является важнейшим инструментом для реконструкции флюидодинамических условий рудообразования на различных этапах тектогенеза.

### Заключение

Краткое обобщение результатов изучения деформационных, напряженного состояния, упруго-прочностных и фильтрационно-емкостных параметров среды на различных стадиях сейсмического процесса и анализ данных по эталонным жильно-штоковковым урановым месторождениям Антей-Стрельцовское показывает следующее. Оценку масштабности проявления рудообразующих процессов в рудных полях и месторождениях, связанных с дизъюнктивными дислокациями, необходимо проводить на основе реконструкции интенсивности и последовательности проявления тектонических событий, механизмов формирования разномасштабных деформационных структур и динамики циркуляции рудоносных растворов. Для расшифровки этих взаимосвязей целесообразно привлекать данные по цикличности проявления сейсмодетонаций, пульсационному механизму поступления рудоносных флюидов в сегменты разломов, оптимально ориентированные в поле напряжений и природе барьеров (структурных, петрофизических, геохимических, температурных и др.), на которых или в связи с которыми происходит минералообразование в различных участках зоны рудоотложения. Особенно ярко все перечисленные процессы выражены на гидротермальных урановых месторождениях в вулканотектонических структурах, являющихся наиболее активными концентраторами восходящих флюидопотоков.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ищукова, Л.П. Урановые месторождения Стрельцовского рудного поля в Забайкалье / Л.П. Ищукова. — Иркутск: Типография «Глазовская», 2007. — 260 с.
2. Кочарян, Г.Г. Геомеханика разломов / Г.Г. Кочарян. — М.: ГЕОС, 2016. — 424 с.
3. Лаверов, Н.П. Урановое месторождение Антей — природный аналог хранилища ОЯТ и подземная геодинамическая лаборатория в гранитах / Н.П. Лаверов, В.А. Петров, В.В. Полуэктов, Р.М. Насимов, Й. Хаммер, А.А. Бурмистров, С.И. Щукин // Геология рудных месторождений. — 2008. — Т. 50. — № 5. — С. 387–413.
4. Мелов, Г. Образование ударных кратеров: геологический процесс / Г. Мелов. — М.: Мир, 1994. — 335 с.
5. Петров, В.А. Тектонофизика гидротермального рудообразования: пример молибден-уранового месторождения Антей, Забайкалье / В.А. Петров, Ю.Л. Ребецкий, В.В. Полуэктов, А.А. Бурмистров // Геология рудных месторождений. — 2015. — Т. 57. — № 4. — С. 327–350.
6. Ружич, В.В. Очаг землетрясения как объект геологического изучения / В.В. Ружич // Физика Земли. — 2009. — № 11. — С. 60–68.
7. Cox, S.F. Coupling between deformation, fluid pressures, and fluid flow in ore-producing hydrothermal systems at depth in the crust / S.F. Cox // Econ. Geol. 100th Ann. — Vol. — 2005. — P. 39–75.
8. Cowie, P.A. A healing-reloading feedback control on the growth rate of seismic faults / P.A. Cowie // J. Struct. Geol. — 1998. — Vol. 20. — № 8. — P. 1075–1087.
9. Famin, V. Ion probe and fluid inclusion evidence for co-seismic fluid infiltration in a crustal detachment / V. Famin, R. Herbert, P. Philippot, L. Jolivet // Contrib. Mineral. Petrol. — 2005. — Vol. 150. — P. 354–367.
10. Nguyen, P.T. Fault-valve behaviour in optimally oriented shear zones: an example at the Revenge gold mine, Kambalda, Western Australia / P.T. Nguyen, S.F. Cox, L.B. Harris, C.McA. Powell // J. Struct. Geol. — 1998. — V. 20. — № 12. — P. 1625–1640.
11. Scholz, C.H. The Mechanics of Earthquakes and Faulting / C.H. Scholz / Cambridge University Press: Cambridge, 1990. — 439 p.

12. Secor, D.T. Role of fluid pressure in jointing / D.T. Secor // Am. J. Sci. — 1965. — № 263. — P. 633–646.
13. Seront, B. Laboratory characterization of hydromechanical properties of a seismogenic normal fault system / B. Seront, T.-F. Wong, J.S. Caine et al. // J. Struct. Geol. — 1998. — V. 20. — № 7. — P. 865–881.
14. Sibson, R.H. Seismogenic framework for ore deposition / R.H. Sibson // Rev. Econ. Geol. — 2001. — V. 14. — P. 25–50.
15. Sibson, R.H. Stress/fault controls on the containment and release of overpressured fluids: Examples from gold-quartz vein system in Juneau, Alaska; Victoria, Australia and Otago, New Zealand / R.H. Sibson, J. Scott // Ore Geol. Rev. — 1998. — № 13. — P. 293–306.

© Петров В.А., 2017

Петров Владислав Александрович // vlad243@igem.ru

УДК 553.495(470):553.06+553.041

Шумилин М.В. (АО «Атомредметзолото»)

### МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТИПА «НЕСОГЛАСИЯ»: СОВРЕМЕННАЯ ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ПРОБЛЕМА ПОИСКА В РОССИИ

*Рассматривается новая генетическая модель, предлагаемая для месторождений ультрабогатых руд бассейна Атабаска (Канада). Критикуется положение об акцессорном источнике урана и выдвигается гипотеза о поступлении его в бассейн в фазе растворов, обогащенных за счет наличия в области питания вод первичных концентраций урана. С позиций такой модели проводится сравнение месторождений Канады и объектов сходного типа в Африке и России (Карху), и обращается внимание на различия в строении выполняющих бассейны толщ, определяющие различие условий циркуляции вод. Анализируются перспективы выявления месторождений канадского типа на территории северо-запада России. **Ключевые слова:** уран, тип «несогласия», генетическая модель.*

Shumilin M.V. (Atomredmetzoloto)

FIELDS SUCH AS «DISAGREEMENT»: MODERN GENETIC SKYE MODEL AND THE PROBLEM OF SEARCH IN RUSSIA

*The new genetic model offered for the deposits of very rich ores of Atadasca basin (Canada) is considered. Position of the accessory source of uranium is criticized. Expected that uranium was passed to basin as dissolved faze, which was enriched of uranium by primary concentrations in rocks. From this conception, Canadian deposits are compared with the similar objects of Africa and Russia. Attention applies on distinctions in the structures of sediments of basins and differences of water dynamic. Perspectives of discovers of Canadian types of deposits in Russia are analysed. **Keywords:** uranium, the type of disagreement, genetic model.*

Обобщение зарубежных материалов по урановым месторождениям типа «несогласия» было впервые выполнено Г.В. Пакульнисом и автором в 2007 г. [1]. По опубликованным к тому времени данным складывалось впечатление, что эти месторождения могут рас-

смагиваться как обычные гидротермальные образования, специфика которых связана с особенностями структуры, определявшей резкую смену физико-химических условий на поверхности несогласия. Однако к настоящему времени накопленные новые данные заставляют пересмотреть эту позицию. На диаграмме ресурсы-содержание урана месторождения «несогласия» образуют, хотя и неоднородную, но отчетливо обособленную группу, характеризующуюся уникальным соотношением этих параметров (рис. 1). При этом наиболее высокими содержаниями урана, достигающими >10 %, отличаются месторождения «несогласия» бассейна Атабаска в Канаде. В условиях современного спада цен практически только эти объекты составляют конкуренцию уникальным месторождениям Казахстана, разрабатываемым дешевым способом подземного выщелачивания.

Бассейн Атабаска представляет собой крупную (450x250 км) впадину в архей-нижнепротерозойском основании Канадского щита, выполненную слабо метаморфизованными терригенными осадками среднего протерозоя (1700–1600 млн лет) [4]. Необходимо подчеркнуть два момента:

1. Область расположения бассейна весьма удалена от областей синхронного орогенеза, располагающихся более чем в 2000 км к востоку, но находится в обрамлении зоны древнего гудзонского орогенного пояса (1800 млн лет), вероятно являвшейся основной областью сноса терригенного материала. Время образования руд соответствует условиям стабильного режима развития.

2. Большую часть толщи осадочного выполнения бассейна, от фундамента до самых верхов, слагают песчаники и конгломераты. Водоупорные слои (аргиллиты, доломиты) появляются лишь в составе формаций от Виллиам-ривер и выше. Таким образом, собственно рудовмещающая толща мощностью до 1 км в период рудообразования могла представлять собой единый мощный водоносный горизонт с высокой вертикальной проницаемостью. При этом в ее составе полностью отсутствовали органические остатки-восстановители урана.\*

Положение месторождений урана в разрезе бассейна отчетливо контролируется поверхностью несогласия, т.е. разделом кристаллического фундамента и осадочного чехла (рис. 2) [4, 8]. Однако вверх от этой поверхности (в осадки) руда распространяется не более, чем на первые десятки метров, в то время как в фундаменте наблюдаются тела, уходящие на глубину в сотни ме-

\* Как показано Wilson N. и др. [13] включения битумов в песчаниках являются эпигенетическими и пострудными

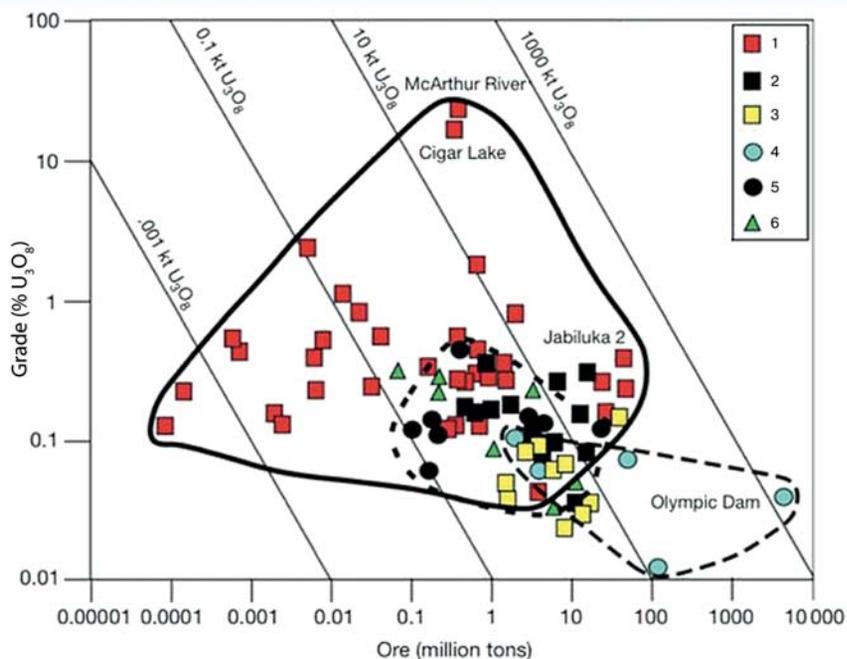


Рис. 1. График ресурсы-содержание урана по М. Суней и К. Кюсер (2015). Абсцисса — ресурсы руды в т, ордината — содержание  $U_3O_8$  %. Типы месторождений: 1 — «несогласия»; 2 — песчаниковый; 3 — кальклеты; 4 — в брекчиях; 5 — метаморфические; 6 — вулканогенные

тров. С.В. Джефферсоном и др. [8] месторождения, локализованные в фундаменте и чехле, рассматриваются как подтипы Ingress (входа) и Egress (выхода). Отмечается, что эти подтипы имеют вещественные отличия. В подтипе Ingress зональность метасоматических изменений характеризуется последовательностью (от руды — к внешней зоне) иллит-судоит-хлорит, а руды всегда моноурановые. В подтипе Egress зональность изменений обратная, а руды часто комплексные, несущие кроме урана никель-кобальтовую минерализацию (сульфоарсениды). Однако на некоторых объектах залежи обоих подтипов встречаются совместно.

Несмотря на спад цен на уран, геологоразведочные работы в районе Атабаска продолжают целым рядом компаний. Открытия последних лет кратко охарактеризованы в нашей статье, опубликованной в 2015 г. [5]. Следует отметить, что ресурсы одного из упоминавшихся тогда месторождений (Agrow) в настоящее время увеличены почти до 80 тыс. т при содержании более 1 %.

Интересно, что известные на сегодня месторождения располагаются в основном на периферии бассейна и в районе импактной структуры Карсуэлл, т.е. в области, где глубина залегания поверхности несогласия не превышает 500–600 м. При этом часть объектов проявлена на поверхности. В то же время, наблюдается тяготение объектов к линейным зонам поперечного направления, в пределах которых они проявлены на обоих противоположных окраинах бассейна. Это наводит на мысль, что центральная часть бассейна, где поверхность несогласия погружена на глубины около 1000 м и пока для изучения недоступна, также может являться рудоносной.

Важные новые данные по условиям образования месторождений района были получены в последние годы

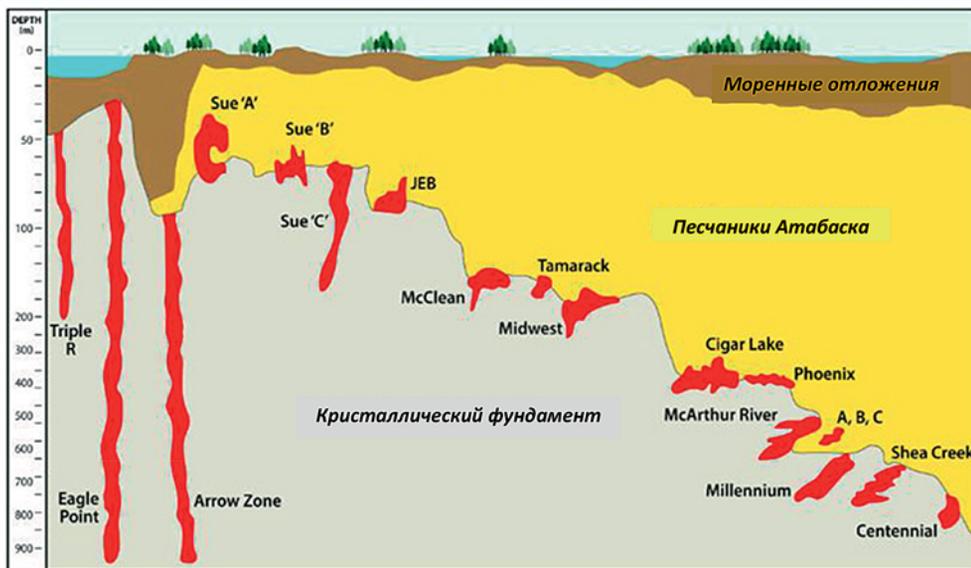


Рис. 2. Схема положения месторождений относительно поверхности несогласия по М. Фаук (2015). Названия объектов сохранены на языке оригинала

при изучении геохронологии минеральных новообразований и состава газовой-жидких включений в минералах. На основе массовых геохронологических определений П. Александером и др. [6] рисуется следующая последовательность процессов минералообразования (рис. 3).

Согласно исследованиям А. Ричарда с соавторами [12], а также ряда других исследователей [9–11], рудообразующие флюиды с высокой фугитивностью кислорода и низким рН (2–4), переносившие уран в виде уранил-хлорида. При этом зафиксированы очень высокие концентрации урана: от 20 мг до целых грамм на литр! [12] Эти концентрации сопоставимы с промрастворами или даже товарными десорбатами предприятий, ведущих добычу урана подземным выщелачиванием! Установлено также, что по соотношению  $Cl/Vg$  и содержанию изотопа  $^{37}Cl$  эти рассолы отвечают морским водам, подвергшимся интенсивному эвапорационному воздействию [11].

Всеми упомянутыми авторами эти рассолы рассматриваются как остаточные седиментационные воды, захороненные вместе с осадками. Считается, что эти воды под воздействием геотермического градиента, который в протерозое был значительно выше, нагрева-

лись до 150–200 °С и в условиях высокой проницаемости разреза совершали конвекционную циркуляцию, в процессе которой происходила мобилизация урана из акцессорного монацита и транспортировка его к поверхности несогласия.

На эту же поверхность по разломам фундамента поступали гидротермы восстановительного характера, несшие халькофильные элементы. Смешивание этих гидротерм с окислительными бассейновыми водами приводило к выпадению урана в виде минералов  $U^{4+}$ , а продолжающаяся конвекция доставляла все новые порции урана, определяя формирование уникально богатых руд.

В условиях, когда напор седиментационных вод превышал напор разломных гидротерм, эти воды «задавливались» в фундамент, формируя руды Ingress. При обратном соотношении напоров гидротермы «прорывались» в осадочный покров, формируя руды Egress. Экспериментами на математических моделях показано, что процесс конвекции действительно мог существовать, причем скорости фильтрации могли составлять до 1 м/год [7]. Сходные расчеты позднее были выполнены и российскими исследователями, пришед-



Рис. 3. Сводные данные изотопных определений возрастов руд и околорудных изменений месторождений района Атабаска по Р. Alexandre и др. [6]

шими практически к тем же выводам [3]. Не исключается, что восстановителями урана на поверхности несогласия могли являться не только гидротермы, но и восстановительные газы или содержащиеся в породах фундамента графит и минералы  $Fe^{2+}$  [10, 11].

Таким образом, разработанная генетическая модель месторождений «несогласия» оказывается существенно отличной от «классических» гидротермальных моделей, связывающих привнос урана с неопределенным глубинным источником. Эта модель логически связывает образование месторождений именно с эпохой среднего протерозоя, ибо только в то время, в условиях существенно кислородной атмосферы, но при полном отсутствии жизни на континентах, в замкнутых бассейнах могли формироваться осадки, лишенные органики и седиментационные воды, насыщенные ураном.

Слабым местом данной модели (как и классической гидротермальной) является вопрос источника урана. Роль акцессорного монацита, как основного такого источника, вызывает серьезные сомнения. Во-первых, прямых наблюдений, т.е. каких-либо фактов, свидетельствующих о разложении этого компонента в песчаниках, не установлено. При этом песчаники Атабаски отнюдь не отличаются повышенным содержанием монацита: образований, типа палеороссыпей, в них не зафиксировано. Во-вторых, монацит достаточно устойчивый минерал и его разложение требует воздействия концентрированных кислот или щелочей. Имеются сообщения о разложении монацита слабой соляной кислотой, но после прокаливании в восстановительных условиях, что также вряд ли могло иметь место в природе [2]. В-третьих, монацит — минерал не слишком богатый ураном: основной его компонент — церий, но никаких следов перераспределения редких земель в месторождениях «несогласия» также не фиксируется.

На наш взгляд уран мог поступать в бассейны в растворенной форме и в ней же, при отсутствии восстановителей, сохраняться в бассейновых водах с постепенно увеличивавшейся концентрацией за счет испарения.

Областью сноса материала в бассейн служили породы обрамления, заключающие массивы разнообразных гранитоидов, в которых, как известно, уран содержится не только в акцессориях, но и в т.н. «свободной» форме. Существовали в обрамлении и породы, резко обогащенные ураном: древние золотоураноносные конгломераты, останцы которых сохранились до нашего времени (Матрикс). Именно этот последний источник мог обусловить повышенное содержание урана уже в посту-

павших в бассейн водах, как мы попытались это показать в одном из последних наших трудов [4].

К типу «несогласия» относят еще ряд месторождений в различных частях мира, расположенных в районах развития древнего осадочного чехла и характеризующихся сходным комплексом метасоматических изменений. Такие объекты известны в той же Канаде (бассейн Отиш в Квебеке), в Австралии (район Арнемленд), в Индии (бассейн Гуддапах), Африке (Республика Мали) и России (Приладожье). Однако полных аналогов объектам Атабаски среди них нет [4].

В бассейне Отиш оруденение развивается по зальбандам диабазовых даек, секущих осадки бассейна, причем возраст осадков и руд оказывается более древним, чем в Атабаске (более 2000 и 1724 млн лет) (рис. 4) [10].

В районе Арнемленд руды локализируются только в породах фундамента (рис. 5). Имеющиеся геохронологические данные по рудным объектам этого района противоречивы. Для руд месторождения Рейнджер получен возраст 1740 млн лет, в то время как перекрывающие песчаники комболджи имеют датировку 1650 млн лет, т.е. руда оказывается древнее несогласия. Рудные тела на Джабилуке отчетливо контролируются складчатостью пород фундамента, чему с позиций эпигенетической модели трудно найти объяснение. При этом их датировка (1440 млн лет) оказывается сильно моложе времени формирования толщи комболджи. Лишь для руд Набарлека имеющиеся датировки (1640 млн лет) примерно синхронны осадкам комболджи, т.е. не противоречат модели, принимаемой для района Атабаска. Однако с приведенными выше данными по другим месторождениям они не согласуются.

По месторождениям Индии опубликованная информация пока столь скудна, что оценить правильность их отнесения к типу «несогласия» вообще невозможно.

Особое положение занимают месторождения Фалеа в Мали и Карху в российском Приладожье. От месторождений района Атабаска оба они отличаются тем, что заключают только пластовые тела, залегающие в

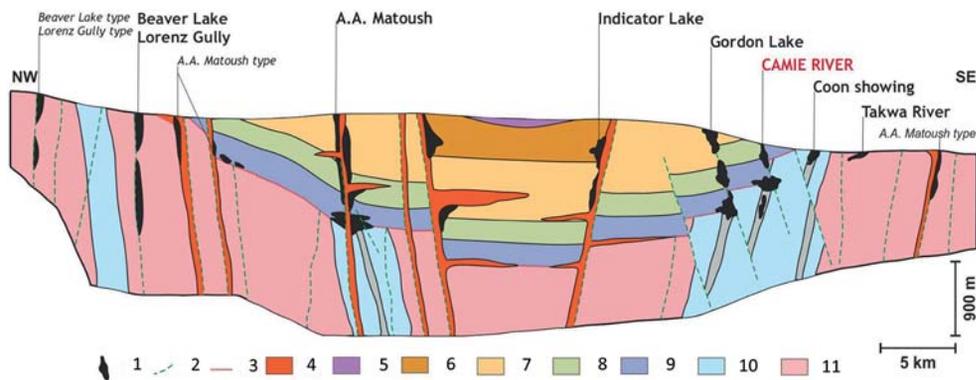
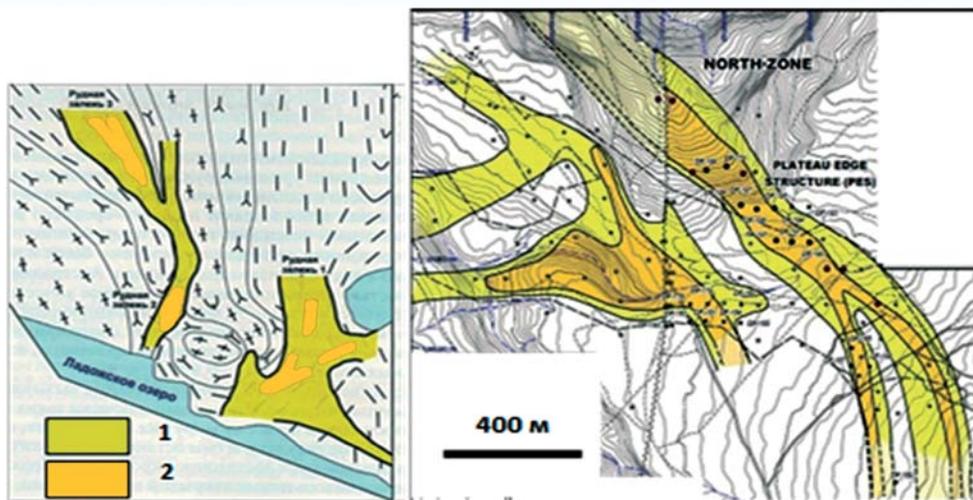


Рис. 4. Схема локализации рудных тел на рудопроявлениях бассейна Отиш (Квебек, Канада по Lesbros-Piat-Desival [10]): 1 — урановое оруденение; 2 — разломы; 3 — несогласие; 4 — мафические дайки (Pt); 5–9 — осадочные формации группы Отиш (Pt); 10–11 — кристаллические формации фундамента (Ar)



**Рис. 5. Планы месторождений Карху (слева) и Фалеа (справа), приведенные к одному масштабу.** По месторождению Карху — проекция рудных тел на геологический план поверхности кристаллического фундамента, по месторождению Фалеа — на рельеф поверхности. 1 — рядовые руды, 2 — богатые руды

песчаниках вблизи поверхности несогласия, но по геохронологическим датировкам и геохимическим особенностям наиболее близки к ним, а также выглядят весьма сходными друг с другом.

В то же время покров образований над несогласием на этих объектах имеет одно существенное отличие от такового на Атабаске. Рудовмещающий песчаный горизонт здесь сравнительно тонкий (20–30 м) и перекрывается мощной пачкой сланцев и (или) основных лав, т.е. водоупоров. Таким образом, предположить возможность масштабной субвертикальной конвекции бассейновых вод здесь трудно. Скорее всего, рудоносные флюиды могли мигрировать только по латерали вдоль несогласия и механизм водооборота, действовавший на Атабаске, не мог иметь места. Возможно, что именно поэтому руды обоих этих месторождений характеризуются значительно более низкими средними содержаниями урана (0,1 %)[4].

Необходимо отметить, что и Карху, и Фалеа в Мали остались недоизученными, а геологоразведочные работы на них, в связи с падением цен, приостановлены. При этом в районе Фалеа имеются неценные участки с наличием прямых признаков оруденения.

На территории России Северо-Западный регион остается пока единственным, где возможность открытия месторождений типа «несогласия» получила прямое подтверждение в виде объекта Карху. Важным, по нашему мнению, является также факт проявленности здесь древних эпох концентрации урана в виде кварцево-галечных конгломератов раннего протерозоя (Коли) и гидротермальных месторождений альбититового типа (Падма), аналогичных месторождениям Биверлодж в Атабаске.

Как следует из изложенного выше, широкое развитие в разрезе покровных образований вулканитов и других водоупорных пород при прогнозе оруденения атабасского типа мы склонны рассматривать как отри-

цательный критерий. Однако существование здесь объектов, аналогичных Карху, но более значительных по масштабам, представляется вполне возможным. К сожалению, условия для поисков здесь крайне неблагоприятны, т.к. поверхность несогласия от Карху уходит под акваторию Ладоги, а далее к югу мощность покровных образований повсеместно увеличивается.

Возможность выявления месторождений типа «несогласия» в прочих районах России, выдвигаемых в качестве перспективных (Учур-Майский, Анабарский), пока представляется чисто гипотетической.

По ним необходим анализ имеющихся данных и, вероятно, определенные полевые исследования с целью оценки проявленности поисковых критериев, исходя из новой генетической модели, разработанной для района Атабаски.

Оценивая перспективы выявления на территории России месторождений типа «несогласия» необходимо принимать во внимание экономический аспект. Опыт Канады показывает, что поиски таких месторождений — весьма дорогостоящее дело. За последние 50 лет инвестиции в ГРП в районе Атабаски составили около 2 000 млн долл. США, т.е. порядка 40 млн долл. США/год.

Изыскать сопоставимые средства в условиях высоких рисков, связанных с неопределенностью прогнозов, в современной России, по-видимому, невозможно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пакульнис, Г.В. Месторождения урана типа «несогласия» района Атабаска, Канада / Г.В. Пакульнис, М.В. Шумилин — М.: ВИМС. Минеральное сырье, 2005. — № 17. — 102 с.
2. Патент RU 2676976. Способ переработки железосодержащих монацитовых концентратов.
3. Пэк, А.А. Роль термальной конвекции флюидов в формировании урановых месторождений типа «несогласия» в бассейне Атабаска / А.А. Пэк, В.И. Мальковский // Геология рудных месторождений. — 2017. — № 1.
4. Шумилин, М.В. Историческая металлогения урана (опыт глобального анализа) / М.В. Шумилин — Иркутск: Урангеологоразведка, 2015. — 255 с.
5. Шумилин, М.В. Новые данные о месторождениях типа несогласия в Канаде и их значение для поисков аналогов в России / М.В. Шумилин // Минеральные ресурсы России. — 2015. — № 4. — С. 72–77.
6. Alexandre, P. Geochronology of unconformity-related uranium deposits in the Atabasca basin and their integration in the evolution of the basin / P. Alexandre, K. Kyser, D. Thomas a.o. // Mineralium Deposita. — 2009. — V. 44.
7. Cui, T. Formation of unconformity-related uranium deposits perspectives from numerical modeling / T. Cui, J. Yang, I. Sanson // Univ. of Windsor. Theses and dissertations, 2012.
8. Jefferson, C.W. Empirical Models for Canadian unconformity-associated uranium deposit / C.W. Jefferson, D. Thomas, D. Quirk a.o. // Spec. Publ. of Saskatchewan Geol. Survey, 2007. — № 56.
9. Kobayashi, T. Ore fluids and ore forming of unconformity type uranium deposits / T. Kobayashi / Shigen-Chishitsu. — 2011. — V. 61. — № 1.

10. Lesbros-Piat-Desvial, M. Hydrothermal alteration and uranium mineralization at the Camie River Prospect (Otish Basin, Québec) / M. Lesbros-Piat-Desvial / LAVAL Univ. 2014.

11. Mercadier, J. From sources to deposits: Recent advances about the unconformity-related uranium deposits / J. Mercadier, A. Ruchard, M. Catholigneau, M-C. Boiren a.o / URAM 2014. Sess.6 in honor of M.Cuney. Vienna Aus.

12. Richard, A. An evaporated seawater origin for the ore forming brines in unconformity-related uranium deposits / A. Richard, R. Banks, J. Mercadier a.o. / Geochemia et cosmochemia Acta. — 2011. — V. 75. — № 10.

13. Wilson, N. Post mineralization origin of organic matter in Atabasca unconformed-type deposits / N. Wilson, K. Stasiuk, M. Fowler / Saskatchewan geological survey investigations. — 2002. — V. 2.

© Шумилин М.В., 2017

Шумилин Михаил Владимирович // shumilin.zbk@gmail.com

УДК 553.495

Тарханова Г.А., Прохоров Д.А. (ФГБУ «ВИМС»)

### ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ «ВИТИМСКОГО» ТИПА

*Рассмотрены геологическое строение и история развития Витимского урановорудного района. Изучены закономерности локализации уранового оруденения в палеодолинных структурах, рудоконтролирующие факторы и минеральный состав рудных концентраций. **Ключевые слова:** урановые месторождения, гидрогенные месторождения, экзогенно-эпигенетический тип, базальный тип, Витимский урановорудный район, нингиоит.*

Tarkhanova G.A., Prokhorov D.A. (VIMS)

GENETIC FEATURES OF «VITIM» TYPE URANIUM ORE FORMATION

*The review of Vitim uranium area geological formation and its developing history. Objects of research: ground rule of uranium ore localization at the paleo valley structure, factor of ore control and mineral composition of the ore concentration. **Keywords:** uranium deposit, hydrogenous deposits, exogenous-epigenetic type, basal type, Vitim uranium ore district, ningyoite.*

Витимский урановорудный район, открытый в 1970–1980-х годах Сосновским ПГО, является основной сырьевой базой России для добычи урана способом скважинного подземного выщелачивания. Его сырьевой потенциал связан с экзогенно-эпигенетическими месторождениями палеодолинного типа, локализованными под плато-базальтами в миоцен-плиоценовых проницаемых обводненных отложениях овражно-балочного литогенетического комплекса, выполняющих распадки на склонах хребтов и в крупных долинах между ними, заполненными осадками аллювиального и озерного литогенетических комплексов.

Витимский рудный район находится в пределах архейского Амалатского жесткого блока (глыбы), расположенного в Байкальском складчатом поясе и сформировавшегося между мезозойской Сибирской (раннепротерозойской Ангарской) платформой и

Восточно-Забайкальской раннегерцинской складчатой областью, консолидировавшейся в раннемезозойскую эпоху. В геологическом строении района (рис. 1) принимают участие структурно-формационные комплексы от архея до современных осадочных образований. Домезозойский фундамент образован двумя комплексами пород: протерозойскими метаморфическими образованиями гаргинской серии ( $PR_{1gr}$ ), распространенными главным образом в западной, северо-восточной и юго-восточной частях урановорудного района, и специализированными на уран интрузивно-анатектическими и палингено-метасоматическими гранитоидами (граниты, гранодиориты, диориты) баргузинского ( $PR_2b$ ) и витимканского ( $PZ_{2-3v}$ ) комплексов со средним содержанием урана 6,5 и 7,8  $10^{-4}$  %, развитыми главным образом в центральной части района. Территория Амалатского плато (центральная часть Витимского плоскогорья) в мезозое представляла собой жесткий, малоподвижный блок с крайне слабым проявлением процессов тектономагматических активизаций, что обусловило незначительное по масштабам осадконакопление лишь в меловое время и длительное проявление гипергенных процессов, обусловивших интенсивное формирование кор выветривания. В кайнозойский этап, во время которого после завершения мезозойской активизации в пределах Витимского плоскогорья и, в частности, Амалатского плато, чередовались эпохи корообразования и осадкообразования. На Витимском плоскогорье после длительного ( $K_2-P_{2-3}$ ) перерыва в осадконакоплении, сопровождавшегося корообразованием и формированием специализированных на уран областей питания, в олигоцене проявилась внутриплатформенная тектоническая активизация, в результате которой Амалатское плато воздымалось как единый блок. Движения по долгоживущим тектоническим нарушениям в пределах самого блока, контролирующим мезозойские грабены ( $K_1$ ), обусловили возникновение на плато холмистых гряд и приуроченных к зоне мезозойских грабенов межгрядовых долин северо-восточного простирания. Образовались Северный, Центральный, Байсыханский, Ингурский хребты и расположенные между ними Хойгутская, Аталангинская и Амалатская долины. По системе разломов северо-западного простирания закладывались палеораспадки, расчленявшие склоны холмистых гряд. Это активизировало гидродинамику поверхностно-грунтовых вод и привело к осадконакоплению в отрицательных формах рельефа. В палеораспадках и в межгрядовых долинах накопились отложения вулканогенно-осадочной формации, соответствующей джилдининской свите ( $N_{1-2dz}$ ) и представленных пролювиально-делювиальным и озерно-аллювиальным комплексами. В позднем плиоцене вновь проявилась тектоно-магматическая активизация, территория Витимского плато воздымалась единым блоком. Эпи-платформенный орогенный этап сопровождался проявлением вулканизма (формирование покровов базальтов) вплоть до вюрма ( $Q_4$ ).