УДК 553.495 (235.222)

Ю.А. Туркин

УРАНОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ УЙМЕНСКОГО ПРОГИБА (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)

Рассмотрено урановое оруденение Уйменского прогиба, расположенного в восточной части Горного Алтая. Геодинамическая позиция прогиба определяется его принадлежностью зоне тыловых рифтов девонской активной континентальной окраины. Проведенные специализированные петрографические исследования и изучение геохимической структуры сложной сопряженной системы тектонитов и метасоматитов позволяют выявить закономерности распределения урана в измененных породах.
Ключевые слова: тыловой рифт; тектониты; метасоматиты; уран.

Уран на территории Горного Алтая образует ряд мелких перспективных проявлений, локализованных, главным образом, в вулканогенных прогибах (Уйменский и Аксайский прогибы) девонской активной континентальной окраины, вероятнее всего, на поздней стадии развития данного геодинамического режима. В межрегиональном плане Уйменский прогиб, в котором локализованы наиболее крупные уранорудные объекты (Сумультинское, Айрыкское, Тонгошское проявления), входит в состав тыловорифтового пояса [1] вместе с орогенно-дейтероорогенными прогибами Тувы и Минусы, где урановое оруденение проявлено еще более широко и интенсивно (рис. 1) и является частью крупной, протяженностью до 1000 км и шириной до 150 км, группы прогибов общего субмеридионального простирания, включающего на территории восточной части Горного Алтая девонские Лебедской, Уйменский и Нырнинский прогибы, а также Каянчино-Каракокшинскую группу грабенов с промышленным флюоритовым оруденением. В современных структурах Алтая эти прогибы расположены на расстоянии 300–400 км от конвергентной окраины, реконструируемой в девоне Сибирской континентальной плиты, выраженной Иртышской зоной смятия. В северном направлении они «наращиваются» Минусинскими впадинами и грабенами Кузнецкого Алатау с широким развитием раннедевонских щелочных магматических комплексов (с более ранним заложением и развитием рифтовых структур), а на юге – заложенным уже в живетское время Делюно-Юстыдским прогибом с активным осадконакоплением поздней стадии развития девонской активной окраины (рис. 1). В это время в режиме тылового рифта развивался и Аксайский прогиб, к структурам которого приурочен Черногорский потенциально урановорудный район.

Развитие девонских структур рассматриваемого региона в режиме рифтогенеза отмечено многими исследователями, но вместе с тем принадлежность Уйменского прогиба активной континентальной окраине подтверждается, в частности, наличием отчетливо выраженной поперечной зональности продуктов магматизма от полнодифференцированных низкощелочных серий вулканитов на западе (в современных координатах) до бимодальных и контрастных с повышенной щелочностью на востоке. В целом для девонского периода формирования геологических структур восточной части Горного Алтая и, в частности, для потенциально урановорудных районов характерно чередование горстов и грабенов, осложненных сдвигами и взбросо-надвигами, широким развитием интенсивных тектонических и гидротермально-метасоматических процессов. При этом, по изотопным определениям, возраст уранового оруденения определяется в интервале 400–320 млн лет, что соответствует девону – раннему карбону, охватывая период развития активно-окраинно-континентальных процессов. Имеющиеся данные по металлогении тыловых рифтогенных зон (тыловых вулкано-плутонических поясов) активных окраин континентов свидетельствуют о предпочтительных условиях формирования месторождений урана, флюорита, молибдена, редкоземельных элементов, жильных проявлений со свинцом, цинком, золотом, серебром [2], что в значительной степени фиксируется для Уйменского прогиба и для девонской тыловорифтовой зоны Восточного Алтая и смежных с ним районов Западного Саяна, Минусинских впадин, Тувинского прогиба [3]. Повышенные концентрации, месторождения и проявления данных элементов фиксируются в ряде сопряженных структур, повсеместно выявляются в первичных и вторичных геохимических аномалиях.

Особенностью локализации уранового оруденения Алтая является его постоянная тесная пространственная ассоциированность с известными участками развития вулканогенных пород повышенной калиевости, слагающих фрагменты вулкано-плутонических и субвулканических построек и представляющих собой интенсивно автометасоматически и гидротермально измененные вулканогенные и интрузивные (гранофиры) породы девонских очаговых структур. Их важное рудоконтролирующее значение для уранового оруденения может быть дополнено тектоническим фактором приуроченности последнего к сдвиго-надвиговым зонам и узлам типа «чешуйчатых вееров», развитых в пределах крупных шовных существенно сдвиговых структур девонского заложения с их последующим длительным развитием.

Наиболее перспективными в пределах наиболее рудоносной центральной части Уйменского прогиба являются проявления урана, локализованные в пределах Сумультинской, Осино-Проездной и Айрыкской аномальных зон. В пределах Сумультинской зоны, локализованной в центральной части Уйменского прогиба среди интенсивно тектонизированных и метасоматически измененных вулканогенно-осадочных пород девона, наиболее крупным является Сумультинское проявление урана. В его пределах, в свою очередь, выделяются три рудные аномальные зоны мощностью от 10 (Западная зона) до 100 м и протяженностью от 500 (Центральная зона) до 3–3,5 км (Восточная зона), сходящиеся в южной части рудного поля и веером расходящиеся в северном направлении в зоне Бельско-Учальского разлома взбросо-сдвиговой кинематики. В пределах этих зон развиты многочисленные гнездовые линзовидно-удлиненные (размером от 1 × 2 до 15–20 × ×50–100 м), реже линейные (Фестивальное рудное тело

при мощности около 1 м и протяженностью до 80 м) рудные тела с содержанием урана 0,07–0,59% в Восточной зоне, 0,13–0,88% – в Центральной зоне и 0,01–0,098% – в Западной зоне. Оруденение представлено настураном, уранинитом, браннеритом, коффинитом, образующими вкрапленность и тонкие прожилки в рудных телах, в зоне окисления соддиитом, уранофаном, торбернитом, остаточной чернью. В Айрыкской аномальной зоне (западное крыло прогиба), резко уступающей Сумультинской зоне по масштабам и степени тектоно-метасоматической переработки рудовмещающих пород, локализован ряд более мелких проявлений урана (Айрыкское, Северо-Айрыкское, Гребешковое). Здесь рудные тела, имеющие обычно линейную форму, небольшие размеры и мощности до первых метров, представляют собой зоны дробления и рассланцевания вулканогенных пород с относительно низкими содержаниями урана (0,01–0,18%).

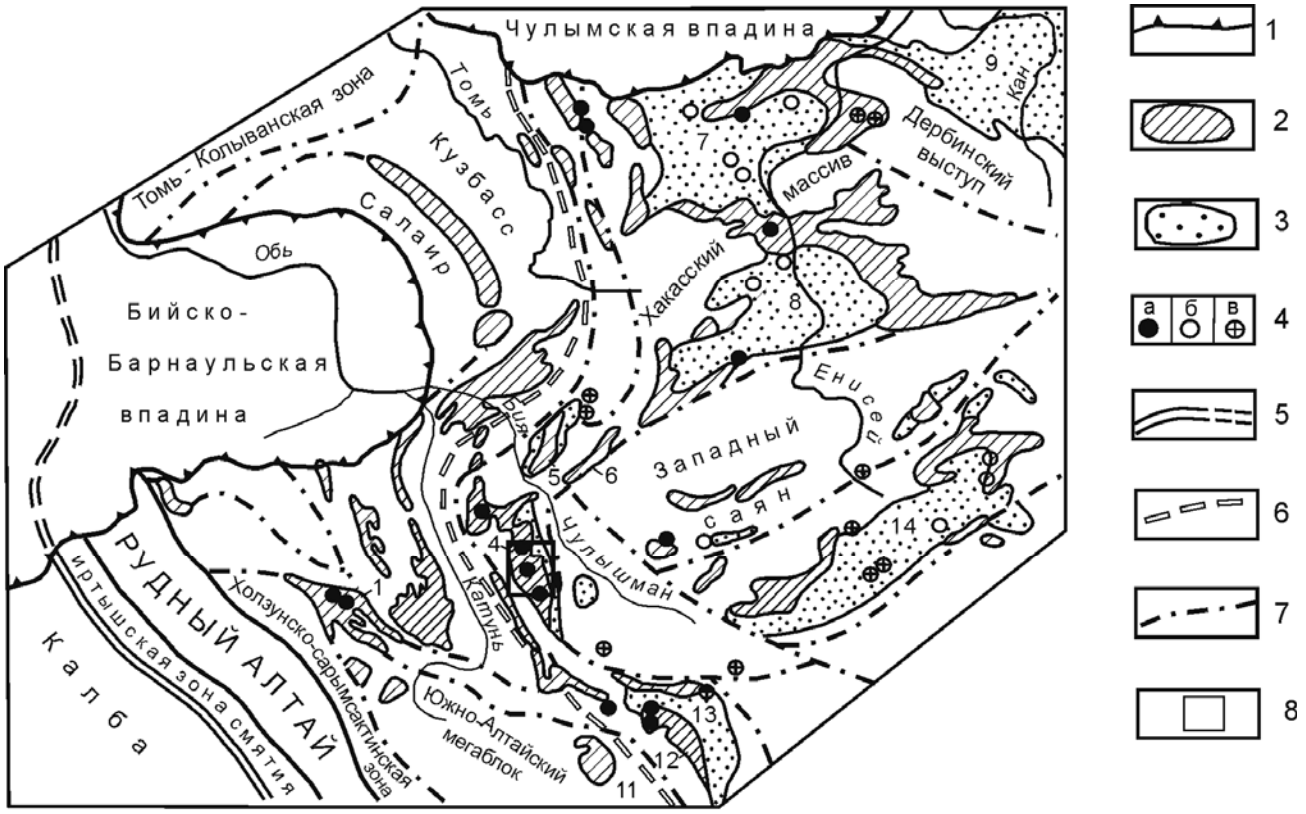

Рис. 1. Схема размещения урана в среднепозднепалеозойских структурах АССО (сост. с использованием материалов В.Е. Кудрявцева. Западная Сибирь. Т. 2. 2000.): *1* – границы распространения кайнозойских отложений чехла Западно-Сибирской плиты; *2* – вулканические прогибы раннего – среднего девона (*1* – Коргонский, *2* – Ондугайский, *3* – Тельбесский, *4* – Уйменский, *5* – Лебедской, *6* – Абаканский, *10* – Садо-Ербинский, *11* – Калгутинский, *12* – Аксайский); *3* – прогибы и впадины с развитием мощных толщ девонских моласс (Северо-Минусинская, *8* – Южно-Минусинская, *9* – Рыбинская, *13* – Делюно-Юстыдский прогиб, *14* – Тувинский прогиб); *4* – проявления и месторождения урана (*а* – в вулканических породах девона, *б* – в молассных толщах девона существенно инфильтрационные, *в* – регенерированные и связанные с мезозойской активизацией); *5* – сутурный шов – граница девонской активной континентальной окраины; *6* – условная граница зоны тыловых рифов; *7* – главные разломы, границы крупных тектонических блоков; *8* – контур Сумультинской площади

При проведении геолого-съемочных работ на площади Уйменского прогиба автором изучены литолого-петрографическая, петрохимическая и геохимическая характеристики сложной сопряженной метасоматической системы, включающей вулкано-метасоматические, тектоно-метасоматические и плутоно-метасоматические образования. При этом были проведены металлогенические исследования данной системы, основанные на принципах методики изучения гидротермально-метасоматических образований [4]. На основании детальных петрографических исследований определена принадлежность измененных пород формации фельдшпатофиров, представленной эпипородами сопряженной вулкано-метасоматической системы начального этапа; формации динамометаморфических сланцев и тектонитов с локальными проявлениями кварц-альбитовых метасоматитов начальной стадии формирования коллизионно-сдвиговой структуры района; формационного ряда кварц-полевошпатовых метасоматитов, в значительной степени представленных тектоно-метасоматическими образованиями (синтектоническими метасоматитами); тектоногенной пропилит-березитовой (березит-альбититовой) региональной метасоматической формации по классификации Е.В. Плющева и др. [4].

Все гидротермально-метасоматические, в том числе синтектонические образования Уйменского прогиба рассмотрены как производные нескольких этапов и стадий единого цикла в соответствии с формационным типом породных ассоциаций и термодинамические условия их формирования, а также условия локализации эпипород и метасоматитов в общей зональной структуре данной системы:

1. Широкие внешние ореольные зоны развития хлорит-пропилитовых (Пх) и альбит-хлорит-пропилитовых (Ппх) эпипородных ассоциаций с пониженными фоновыми содержаниями урана.

2. Относительно глубинные ореольные зоны актинолит-пропилитовых (Па) и альбит-актинолит-пропилитовых (Ппа) эпипородных ассоциаций с пониженными фоновыми содержаниями урана.

3. Широкие внутренние ореольные зоны развития альбит-карбонатных (Ак) пропилитоидных ассоциаций с околокларковыми, близкими к содержаниям в неизмененных породах и кларковым значениям концентрациями урана.

4. Ореольные зоны кварц-полевошпатовых изменений с низкими содержаниями урана.

5. Центральные зоны динамокластитов, тектонитов, динамосланцев, бластомилонитов зон приразломного смятия с различной минерализацией и повышенными содержаниями урана.

6. Локальные внутренние зоны развития альбититов (Ах) и фельдшпатитов (Фх), сопряженных во времени и пространстве с формированием метаморфо-метасоматических образований и тектонитов зон разломов и приразломного смятия, с повышенными содержаниями урана.

7. Локальные внутренние зоны развития серицит-березитовых (Бс) ассоциаций гидротермальных минералов и сопряженные с ними в пространстве более поздние приповерхностные (часто эродированные) зоны серицит-хлоритовой ассоциации с повышенными содержаниями урана.

По результатам проведенных исследований в Уйменском прогибе выделяется несколько стадий регенерации, вероятно, первично стратиформных скоплений урана в красноцветных и пестроцветных вулканогенно-терригенных толщах девона при весьма активном участии гидротермально-метасоматических и тектонических процессов. Фиксируется площадное развитие альбитизации (эйситизации), кварц-полевошпатовых метасоматитов различного термодинамического уровня и формирование дислокационно-метасоматических комплексов в зонах разломов. На заключительном этапе развита перспективная на урановое оруденение березит-альбититовая разновидность (субформация) тектоногенной пропилит-березитовой региональной метасоматической формации (по классификации Е.В. Плющева с соавторами), при этом в центральной зоне Уйменского прогиба эпипороды данной формации ассоциируют с динамосланцами и синтектоническими кварц-альбит-микроклиновыми метасоматитами, образуя сложную сопряженную тектоно-метасоматическую систему. Изучение ее геохимической структуры указывает на накопление урана в березитоидах, альбититах и синтектонических метасоматитах высокой степени зрелости (бластомилонитах), формирующих центральные зоны ядерного концентрирования, тогда как из периферических пропилитовых зон и кварц-полевошпатовых метасоматитов межзонных блоков осуществлялся последовательный вынос этого элемента.

При количественной оценке объемов металлов, мобилизованных и перемещенных в процессе формирования сложной сопряженной гидротермально-метасоматической системы Уйменского прогиба, проведенной по методике изучения гидротермально-метасоматических образований [4], были установлены количественные показатели поведения некоторых элементов. Так, уран, отчасти торий и молибден обнаруживают способность к концентрации в определенных зонах системы, а поведение меди, свинца и цинка не предполагает возможности для их концентрации в пределах закартированных зон эпипородных ассоциаций, т.к. данные элементы не имеют устойчивой тенденции к привносу в какую-либо из формирующихся зон. Для меди, в частности, фиксируется устойчивый вынос из всех зон системы по мере увеличения степени замещения исходных пород. То есть в рассмотренном случае устанавливаются рассеяние меди и вынос данного элемента за границы изученной системы. В то же время для урана фиксируется тенденция его выноса из периферических пропилитовых зон и привноса его в центральные зоны дифференцированных альбититов и березитоидов. Усредненный рассчитанный коэффициент выноса урана из зон актинолитовых и хлоритовых пропилитоидов составляет здесь –0,33 г/т, для альбит-карбонатных метасоматитов –0,035 г/т (сумма вынесенного металла –2260,5 тыс. т), а привноса +0,69 г/т для альбититов и +0,82 г/т для березитоидов (суммарное количество привнесенного урана – 720 тыс. т). Вместе с тем было установлено, что поведение урана и тория при образовании синтектонических и ореольных кварц-полевошпатовых метасоматитов различно; данные элементы слабо накапливаются в центральных зонах сопряженной тектоно-метасоматической системы (коэффициент привноса +1,1 г/т, сумма привнесенного урана –2750 тыс. т) за счет выноса из ореольных зон кремнещелочных метасоматитов (коэффициент выноса –0,4 г/т, количество вынесенного урана –1040 тыс. т), в том числе из зон более ранних фельдшпатофиров. Таким образом, общее количество перемещенного металла при выносе из всех рассмотренных метасоматических зон (3300 тыс. т) оказалось сопоставимым с общим количеством металла (3500 тыс. т), привнесенного в центральные зоны тектоно-метасоматической переработки, что позволяет сделать вывод о единстве геохимической структуры развитой в Уйменском прогибе сложной системы тектонитов и метасоматитов.

Полученные данные позволяют утверждать, что процессы перераспределения урана проходили при формировании единой сложной системы сопряженных во времени и пространстве динамометаморфических, дислокационно-метасоматических и гидротермально-метасоматических пород бельского комплекса, фельдшпатофировой (фельдшпатолитовой III, по Е.В. Плющеву с соавторами) и пропилит-березитовой (березит-альбититовой) формаций. Тесная взаимосвязь всех данных вторичных образований (эпипород и метасоматитов) позволяет говорить о едином балансе вещества, и в частности урана, в процессе полистадийного тектоно-бластического и метасоматического перерождения пород района.

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Геодинамическая позиция уранового оруденения Уйменского прогиба определяется его принадлежно-

стью зоне тыловых рифтов девонской активной континентальной окраины андийского типа, а геотектоническое положение района – принадлежностью трансрегиональной шовной сдвиговой зоне с развитием дуплексно-лозанжевой структуры, благоприятной для развития систем метасоматитов и измененных пород различной формационной принадлежности.

2. Структурно-тектонические условия локализации уранового оруденения Уйменского прогиба определяются его принадлежностью зонам крупных разломов сдвиговой и взбросо-сдвиговой кинематики с широким развитием динамометаморфических и дислокационно-метасоматических комплексов, в рассматриваемом случае – выделяемого бельского комплекса динамометаморфитов, бластомилонитов, синтектонических метасоматитов и гидротермально-метасоматических пород.

3. Условия формирования уранового оруденения определяются развитием сложной системы тектонитов и метасоматитов с образованием единой геохимической структуры, отдельные зоны которой выполняет рудомобилизующие, рудотранспортирующие и рудолокализующие функции с фиксацией рудных концентраций урана на геохимических барьерах зональной метасоматической колонки. При изучении геохимической структуры системы сопряженных метасоматитов выделены ореольные зоны выноса и центральные барьерные зоны привноса (ядерного концентрирования) урана.

4. Проведенные исследования позволяют установить комплекс региональных и локальных поисковых критериев и оценить объемы перемещенного в процессе метасоматоза урана, а также масштабы возможного уранового оруденения центральной части Уйменского прогиба, что позволяет предполагать наличие новых рудных объектов на северных и южных флангах Сумультинской рудной зоны, а также в ряде других участков. Результаты работ позволяют положительно оценить перспективность поисков урановорудных объектов в пределах Сумультинской площади и расширения ресурсного минерально-сырьевого потенциала Алтая на урановое оруденение.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Туркин Ю.А.* Эволюция и зональность девонского магматизма северо-восточной части Горного Алтая как структурно-формационной зоны тыловых рифтов активной континентальной окраины // Проблемы геодинамики и металлогении Южной Сибири. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. С. 81–85.
2. *Абрамович И.И., Клушин И.Г.* Геодинамика и металлогения складчатых областей. Л.: Недра, 1987. 247 с.
3. *Гринев О.М.* Рифтовые системы Сибири: Методология изучения, морфотектоника, минерагения. Томск: STT, 2007. 434 с.
4. *Методика* изучения гидротермально-метасоматических образований / Е.В. Плющев, О.П. Ушаков, В.В. Шатов, Г.М. Беляев. Л.: Недра, 1981. 262 с.

Статья представлена научной редакцией «Науки о Земле» 12 мая 2009 г.