

## ЭВОЛЮЦИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ УРАНОНОСНЫХ ПРОЦЕССОВ В ИСТОРИИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЧАРСКОГО РАЙОНА

Гребенкин Н. А.

*«Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья» (ФГУП «ВИМС» 119017, Москва, Старомонетный пер., д. 31), e-mail: [grebenkin2@mail.ru](mailto:grebenkin2@mail.ru)*

Рассмотрены ураноносные гидротермально-метасоматические образования, последовательно формировавшиеся в длительной геологической истории Чарского района. Так, в раннем протерозое возникли ураноносные кремне-щелочные метасоматиты с уранинитом, монацитом и ксенотимом. В рифее проявились процессы диафтореза ( $R_{1.2}$ ) и метасоматоз кислотного типа ( $R_{2.3}$ ), сопровождавшийся U-P и U-сульфидным оруденением. Мезозойское время характеризовалось формированием пирит-карбонат-калишпатовых изменений с золотом и пирит-карбонат-коффинитовых прожилков ( $J_2$ ). Несколько позже возникли фениты, жильные и брекчиевые образования с ториевой и урановой минерализацией ( $J_3-K_1$ ). Показано, что основные перспективы выявления промышленных урановых месторождений в Чарском районе связаны с позднерифейской активизацией, сопровождавшейся урановорудными метасоматитами кислотной направленности.

Ключевые слова: уран, гидротермально-метасоматические формации, Чарский район.

## THE EVOLUTION OF HYDROTHERMAL-METASOMATIC URANIUM PROCESSES IN THE HISTORY OF GEOLOGICAL DEVELOPMENT OF THE CHARSKY AREA

Grebenkin N. A.

*All-Russian Research Institute of Mineral Resources" (FSUE "SIMS" 119017, Moscow, Staromonetny lane., 31), E-mail: [grebenkin2@mail.ru](mailto:grebenkin2@mail.ru)*

We studied uraniumiferous hydrothermal-metasomatic rocks that were forming the long geological history of the Charsky area. Uranium-bearing silica alkaline metasomatites with uraninite, monazite and xenotime were formed in the early Proterozoic. Processes of diaphthoresis ( $R_{1.2}$ ) and metasomatosis of acid type ( $R_{2.3}$ ) existed in the Riphean era. These processes were accompanied with uranium-phosphoric and uranium-sulfide mineralization. Mesozoic time was characterized by formation of pyrite-carbonate-feldspar hydrothermal gold-contained alterations of the rocks and pyrite-carbonate-koffinit vein ( $J_2$ ). Fenites, vein-type and breccias with thorium and uranium mineralization were formed later than pyrite-carbonate-feldspar hydrothermal rock alterations ( $J_3-K_1$ ). It is shown that the main perspectives identify industrial uranium deposits in the Charsky area are associated with Late Riphean activation. This period is characterized by uraniumiferous metasomatic rocks of acid type.

Key words: uranium, hydrothermal-metasomatic formations, the Charsky area.

Геолого-поисковые работы на уран, проведенные с 2007 по 2011 г. в юго-западной части Чарского района показали, что рассматриваемая территория обладает значительными перспективами на обнаружение промышленных урановорудных объектов. Здесь совместными усилиями сотрудников ОАО «Сосновгео», ФГУП «ВСЕГЕИ», «ВИМС», ФГУНПП «Геологоразведка» и ООО НТП «Сосновгеос» было выявлено и оценено значительное количество проявлений урана – Бухаровское, Мигматитовое, Фланговое, Узловое, Новое I, II и другие (рис. 1).

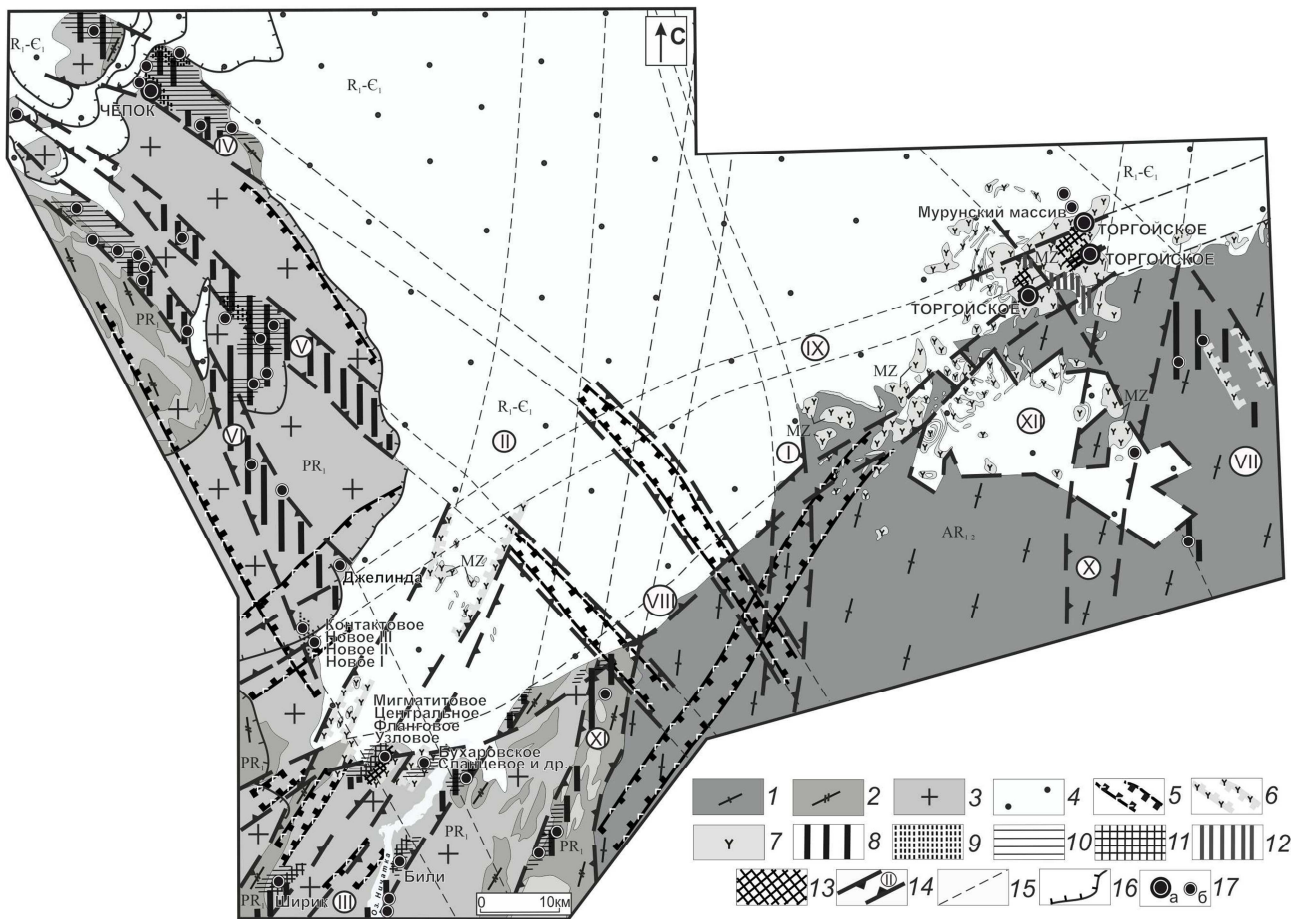


Рис. 1. Специализированная геолого-структурная схема Чарского района с проявлениями разновозрастных ураноносных гидротермально-метасоматических формаций. Составил: Н. А. Гребенкин с использованием материалов БФ «Сосновгеология» и ФГУП «ВСЕГЕИ»:

1 – ультраметаморфические, магматические и высокометаморфизованные породы Алданского щита ( $AR_{1,2}$ ); 2 – метаморфические образования амфиболитовой - зеленосланцевой фаций удоканской серии Байкальской горной области ( $PR_1$ ); 3 – ультраметаморфические (гранито-гнейсы) и магматические (граниты, граносиениты и др) породы кодаро-удоканского комплекса Байкальской горной области ( $PR_1$ ); 4 – верхнепротерозойские-нижнекембрийские стратифицированные осадочно-метаморфические отложения Березовского прогиба ( $R_1-C_1$ ); 5 – область проявления даек основного состава (чайского, доросского и патомского комплексов) ( $R_{1-3}$ ); 6 – область проявления даек щелочного состава (MZ); 7 – различные по морфологии тела щелочных пород (MZ); 8 – раннепротерозойские кремне-щелочные метасоматиты (фельдшпатолиты) с уран-ториевой минерализацией; 9 – 10 – позднепротерозойские ураноносные метасоматиты; 9 – изменения с U-P оруденением; 10 – изменения с U-сульфидным оруденением; 11 – 13 – мезозойские гидротермально-метасоматические изменения; 11 – золотоносные пирит-карбонат-калишпатовые метасоматиты (гумбеиты); 12 – эгирин-калишпатовые изменения (фениты) с ториевой минерализацией; 13 – брекчиевые урановородные гидротермалиты гидрослюда-пирит-кварц-барит-флюорит-карбонатного состава, часто совмещенные с ураноносными кварцевыми грейзенами; 14 – региональные зоны разломов и крупные тектонические синклиновые структуры: I – Чарский, II – Жуинский, III – Ничатский, IV – Правоченчинский, V – Левоченчинский, VI – Ствотях-Юсюряхский, VII – Кеме-Кебектинский, VIII – Атбастах-Торгойский, IX – Гольцовый; X – Чаро-Токкинская, XI – Урага-Холболокская, XII – Ималыкская; 15 – предполагаемые зоны региональных разломов; 16 – надвиги; 17а – месторождения урана; 17б – эндогенные рудопроявления урана

Каменный материал с данных объектов изучался традиционными и современными высокоточными методами в лабораториях ФГУП «ВИМС», в том числе с использованием высокоразрешающей аппаратуры электронной микроскопии и локального рентгеноспектрального анализа. Полученные в ходе этих исследований результаты, а также анализ и обобщение за последнее десятилетие данных предшествующих работ [1–6]

показали, что формирование и преобразование урановых концентраций в районе происходило длительно и многоэтапно (с раннего протерозоя по мезозой включительно) в связи с разнотипными гидротермально-метасоматическими процессами.

**Геологическая позиция и строение Чарского района.** Рассматриваемая территория охватывает область сочленения трех крупных геотектонических структур – Алданского щита, Березовского прогиба Восточно-Сибирской платформы и Нечерского поднятия Байкальской горно-складчатой области. В геологическом строении района принимают участие архейские магматические, ультраметаморфические и высокометаморфизованные образования Алданского кристаллического щита, а также нижнепротерозойские ультраметаморфические, магматические и метаморфические породы амфиболитовой, эпидот-амфиболитовой, зеленосланцевой фаций Байкальской складчатой области, слагающие кристаллический фундамент территории. На нем со структурно-стратиграфическим несогласием залегают стратифицированные рифей-нижнекембрийские осадочно-метаморфические отложения Березовского прогиба.

Геолого-структурное положение территории определено сочленением региональных долгоживущих зон разломов меридионального, северо-западного, северо-восточного направлений, а также надвигов и шарьяжей. К осевым частям региональных зон разломов приурочены позднепротерозойские дайки основного и кислого состава, тела щелочных и умереннощелочных пород мезозойского возраста, а также разновозрастные ураноносные гидротермально-метасоматические образования.

#### **Гидротермально-метасоматические образования Чарского района**

**Пневматогидротермальные образования раннего протерозоя** представлены скарноидами, фельдшпатолитами с урановой минерализацией и грейзенами.

*Фельдшпатолиты* (биотит-кварц-полевошпатовые изменения) локализованы в региональных зонах разломов архей-раннепротерозойского заложения (Ствотах-Юсюряхской, Ченчинской, Жуинской, Ничатской и др.). Это лейкократовые, крупно-среднезернистые, иногда пегматоидные породы, сложенные альбит-олигоклазом, микроклином, кварцем и биотитом. В зонах метасоматитов установлены гнезда, размером первые метры, с вкрапленной радиоактивной минерализацией, которая представлена ураноносными монацитом, ксенотимом, торийсодержащим уранинитом в ассоциации с молибденитом и пиритом. Содержание урана в породах достигает сотен г/т. Изотопный возраст вкрапленной радиоактивной минерализации соответствует 1800 – 1600 млн лет [1, 3, б], что отвечает раннему протерозою.

Ураноносные фельдшпатолиты, по сравнению с нижнепротерозойскими лейкократовыми гранитоидами Чарского района, характеризуются повышенными

содержаниями (в скобках – коэффициент накопления): U(122), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(56), Mo(25), S(24), Ce(14), La(8,5), Pb(7.7), Th(6.6), Nd(4.7), Pr(3.2), Y(3.1), Zr(2.8), Hf(2.1), что связано с присутствием уранинита, монацита, ксенотима, молибденита, пирита и циркона.

***Ураноносные гидротермально-метасоматические образования и диафториты позднего протерозоя.***

*Диафториты* представлены альбит-кварц-серицит-хлоритовыми породами с эпидотом, ортитом, апатитом, оксидом титана, сфеном, циртолитом, торитом и прожилками оксида урана. Они развиты в зонах региональных разломов, где локализованы ураноносные кремне-щелочные метасоматиты. Здесь диафториты выполняют круто- и пологопадающие зоны микрокатаклаза и рассланцевания различной пространственной ориентировки. В таких участках фельдшпатолиты интенсивно деформированы и рассланцованы, биотит сдавлен и изогнут, таблицы полевых шпатов и зерна кварца подроблены. Диафторез приводил к замещению слюды хлоритом и серицитом с образованием оксида титана и сфена, а также раскислению плагиоклаза, формированию внутри кварц-полевошпатовой матрицы кварц-альбитовых микропрожилков. В этих процессах урансодержащая вкрапленная минерализация разрушалась с образованием ортита, апатита, циртолита, торита и настурана. Абсолютный возраст новообразованной радиоактивной минерализации из диафторированных пород составляет 1300 – 1100 млн лет, что соответствует раннему рифею.

В более позднее время (поздний рифей) проявились предрудные гидротермально-метасоматические процессы кислотного характера в виде пирит-серицит-кварцевых метасоматитов и новообразований, сопровождающих U-P и U-сульфидное оруденение.

*Пирит-серицит-кварцевые метасоматиты* слагают крутопадающие и разноориентированные тела брекчий и катаклазитов в региональных зонах разломов, где проявлены диафторированные граниты, сланцы и фельдшпатолиты. Мощность пирит-серицит-кварцевых метасоматитов варьирует от первых десятков сантиметров до 7 метров. Главным минералом породы является различный по морфологии и размеру выделений кварц.

*Гидротермально-метасоматические изменения, сопровождающие U-P оруденение,* представляют собой брекчии бурых оттенков. Они сложены апатитом, гетит-гематитом, хлоритом, серицитом с криптокварцем, иногда с оксидом титана и пиритом, а также тонкодисперсными выделениями уранинита, настурана, коффинита и нингиоита, которые локализованы преимущественно внутри гематитизированного апатита. Данные изменения локализованы вблизи или непосредственно под рифейским осадочно-метаморфическим чехлом, где наложены на тела предрудных пирит-серицит-кварцевых метасоматитов, локализуясь в их наиболее тектонически проработанных центральных участках и образуя крутопадающие линзы и маломощные (до 1 – 2 м) жилы, содержащие уран до 0.01 %.

Совмещенные предрудные пирит-серицит-кварцевые изменения и метасоматиты с U-P минерализацией по отношению к нижнепротерозойским лейкократовым гранитам Чарского района характеризуются повышенными концентрациями: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(133), U(54), F(10), CaO(8.9), S(6.6), Cu(3.7), Ce(2.1), что обусловлено новообразованиями фторапатита, сульфидов и урановой минерализации, содержащей TR. Такие элементы, как U, Pb, Ca, F, P и Sr образуют группу с положительным коэффициентом корреляции (K<sub>кор</sub>) 0.7 – 0.96.

Абсолютный возраст урановой минерализации не определен в связи с дисперсностью ее выделений. Однако установлено, что U-P оруденение наложено на нижнепротерозойскую кору выветривания и предрудные метасоматиты, которые также сопровождают U-сульфидную минерализацию, время формирования которой датируется поздним рифеем.

*Гидротермально-метасоматические изменения, сопровождающие U-сульфидное оруденение*, характеризуются обильным присутствием сульфидов (пирита, халькопирита, галенита и сфалерита), различных по химическому составу хлоритов (от магнезиально-железистых до железистых) и гидрослюды. Урановая минерализация развита в виде вкрапленности браннерита, безториевого уранинита, прожилков настурана и коффинита. Предшественниками установлено, что в северо-западной части района они приурочены к региональным структурам северо-западного простирания (месторождение Чепок и ряд рудопроявлений). На юге эти изменения откартированы нами в Ничатской и Жуинской многошовных зонах разломов (рудопроявления Бухаровское и Мигматитовое), где они локализованы в сериях субширотных и субмеридиональных швов высокого порядка. Здесь протяженность зон составляет от первых сотен метров до двух километров. Суммарные стволые мощности интервалов дробления варьируют от первых метров до 65 метров. Зоны гидротермально-метасоматической проработки с урановым оруденением локализованы непосредственно под рифейским осадочно-метаморфическим чехлом, исключительно в породах фундамента – углеродсодержащих кристаллических сланцах и бластомилонитах, наиболее часто развиты по предрудным пирит-серицит-кварцевым изменениям. На периферии зон развито бедное оруденение с вкрапленной и прожилково-вкрапленной урановой минерализацией, сформировавшееся в процессе метасоматического замещения и представленное преимущественно браннеритом и безториевым уранинитом. К центральным, интенсивно брекчированным и гидротермально-проработанным участкам зон приурочено наиболее богатое прожилковое настуран-коффинитовое оруденение. Содержание урана варьирует от 0.01 % в краевых частях оруденелых зон и до 1.8 % в местах максимальной тектоно-метасоматической проработки.

Сравнение метасоматитов с U-сульфидной минерализацией и безрудных нижнепротерозойских сланцев Чарского района показало, что первые характеризуются

высокими содержаниями: U(304), Pb(21), Mo(12.6), S(10.4), Se(5.9), Cd(5.7), As(4.6), Zn(4.2), Yb(2.5), Nb(2.3) и Y(2.2). Обогащение U и TR обусловлено урановой минерализацией, содержащей в своем химическом составе Y и Se. В ассоциации с настураном и коффинитом устанавливаются галенит с Se, сфалерит с примесью Cd, а также пирит, в том числе мышьяксодержащий. В наиболее оруденелых участках отмечаются включения молибденита. Наличие Nb связано с присутствием ниобийсодержащего оксида титана. Между U, Pb, Y и Mo установлена положительная связь, характеризующаяся коэффициентом корреляции 0.6 – 0.9.

Л. В. Суминым (ВИМС) на твердофазном масс-спектрометре Pb–Pb методом определен возраст прожилковой настуран-коффинитовой минерализации 600 – 800 млн лет, что отвечает позднему рифею.

**Гидротермально-метасоматические образования мезозоя.** Завершение процессов эндогенного уранового рудообразования в Чарском районе связано с мезозойской гидротермально-метасоматической деятельностью. Эти изменения масштабно проявились в пределах Мурунского массива, а также в южной части района. Их детальное геолого-минералогическое изучение проводилось нами на рудопрооявлениях Фланговое и Узловое.

*Гумбеиты* (пирит-карбонат-калишпатовые изменения) откартированы исключительно на юге территории, где они приурочены к Жуинской многошовной зоне разломов. Тела гумбеитов тяготеют к экзоконтактам даек роговообманковых порфиров и имеют север-северо-восточное простирание (аз. 10-30°), образуя серии швов мощностью 1–5 м. Их протяженность составляет километры. Метасоматиты характеризуются бурой и ярко-оранжевой окрасками, брекчиевой, струйчатой и сетчатой текстурами. Они развиты по кристаллическим сланцам и гранитам, значительно реже по роговообманковым порфирам. Они сложены бурым калиевым полевым шпатом, адуляром, карбонатами, флюоритом и пиритом, содержащим тонкодисперсное золото. В зонах гумбеитизации отмечаются маломощные (первые миллиметры) прожилки пирит-карбонат-коффинитового состава. В сопредельных ураноносных структурах Алданского щита возраст подобных метасоматитов датируется средней юрой.

В позднеюрское-раннемеловое время в районе возобновилась тектоно-магматическая деятельность, на заключительной стадии которой формировались *фениты и грейзены* с ториевой и уран-ториевой минерализацией, а затем *брекчиевые гидротермалиты*, сложенные кварцем, флюоритом, баритом, гидрослюдой, оксидами титана, карбонатами, фосфатами и сульфидами с урановым и уран-ториевым оруденением. Эти изменения, проявленные в Мурунском массиве, в прошлые годы были детально изучены Т. В. Билибиной, В. П. Роговой, И. С. Минеевой, Г. В. Дитмаром и другими исследователями.

Схожие *грейзены* и *гидротермальные брекчии* были описаны нами в южной части района, в зонах золотоносных пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов. Здесь в результате взламывания тел гумбеитов вначале происходило отложение кварцевых жил (грейзенов) с вкраплениями хэттонита, а после очередных тектонических подвижек образовывались брекчии, выполненные гидрослюда-пирит-кварц-барит-флюорит-карбонатным цементом с тонкодисперсным уранинитом.

Нормирование таких полистадийных брекчий относительно кристаллических сланцев показало, что метасоматиты характеризуются повышенными концентрациями (в скобках коэффициент накопления): As (91), U(11.1), Sb(6.1), F(4.6), Pb(3), Th(2.7), Mo(2.7), S(2.5), K<sub>2</sub>O(2.2), Se(2.2), W(2.2), Nb(2.1) и Au. Содержание последнего по данным штучного опробования варьирует от первых грамм до 10 г/т.

**Заключение.** Таким образом, установлено, что в Чарском районе формирование и преобразование урановых концентраций было связано с масштабной раннепротерозойской пневматогидротермальной деятельностью, проявившейся в зонах региональных долгоживущих разломов северо-западного и субмеридионального простираний в виде ураноносных кремне-щелочных метасоматитов с вкрапленостью уранинита, урансодержащих монацита и ксенотима, а также с более поздними локальными гидротермально-метасоматическими процессами, датируемыми позднепротерозойским и мезозойским временем. Основное значение для уранового рудообразования имели позднепротерозойские процессы. В раннерифейское время в условиях активной тектонической деятельности они выразились диафторезом вмещающих пород и ураноносных фельдшпатолитов. В позднерифейское время в региональных зонах разломов проявились гидротермально-метасоматические изменения кислотного типа в виде пирит-серицит-кварцевых метасоматитов, а также более поздних образований с уран-фосфорным и уран-сульфидным оруденением. Наиболее молодые процессы эндогенного уранового рудообразования в Чарском районе обусловлены мезозойской тектоно-магматической активизацией, сопровождавшейся очередным подновлением региональных тектонических структур и возникновением разломов более высокого порядка, в которых проявились гидротермально-метасоматические процессы. С образованием вначале золотоносных пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов, прожилков пирит-карбонат-коффинитового состава, а позднее фенитов, грейзенов и брекчиевых гидротермалитов с ториевой, уран-ториевой и урановой минерализациями.

Полученные данные об особенностях и эволюции уранового рудогенеза в Чарском районе свидетельствуют о перспективности рассматриваемой территории на обнаружение

промышленных объектов эндогенного класса, в первую очередь связанных с позднепротерозойской эпохой тектоно-магматической активизации.

### Список литературы

1. Макарьев Л. Б., Былинская Л. В., Павлов М. В. Урановое и благороднометальное оруденение северной части Нечерского поднятия (Бульбухтинская площадь): вещественные особенности и стадийность формирования // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. – М.: ВИМС, 2005. – Вып. 147. – С. 69-83.
2. Макарьев Л. Б., Былинская Л. В., Павлов М. В. и др. Нечеро-Ничатский урановорудный район (ведущие типы оруденения, обстановки локализации и перспективы) // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. – М.: ВИМС, 2006. – Вып. 150. – С. 5–17.
3. Мельников С. И., Гребенкин Н. А., Дубинчук В. Т. и др. Радиоактивная минерализация Ничатской площади (рудно-формационные типы, их размещение, перспективы на обнаружение промышленных скоплений урана) // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. – М.: ВИМС, 2011. – Вып. 156. – С. 105-115.
4. Пушкаренко А. И., Корнаков В. В., Вылков С. П., Царук И. И. Геологическое строение и рудоносность Бульбухтинской площади // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. – М.: ВИМС, 2004. – Вып. 145. – С. 130-144.
5. Толкачев А. Е., Тюленева В. М., Шашорин Б. Н. Тектонические и минералогическо-геохимические особенности формирования урановых и золоторудных концентраций в обрамлении Нечерского поднятия (Северное Забайкалье) // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. – М.: ВИМС, 2004. – Вып. 145. – С. 145-158.
6. Тюленева В. М., Чистякова Н. И., Дубинчук В. Т. и др. Минеральные ассоциации, эпохи и эволюция уранового рудогенеза в Северном Прибайкалье // Разведка и охрана недр. – 2009. – № 3. – С. 25-32.

### Рецензенты:

Мигута Анатолий Константинович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института минерального сырья им. Н. Ф. Федоровского. ФГУП «ВИМС», г. Москва.

Пирогов Борис Иванович, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института минерального сырья им. Н. Ф. Федоровского. ФГУП «ВИМС», г. Москва.