

На правах рукописи

Гребенкин Николай Анатольевич

**ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ УРАНОВЫХ
КОНЦЕНТРАЦИЙ В ЧАРСКОМ РАЙОНЕ**

Специальность 25.00.11 – Геология, поиски и разведка
твердых полезных ископаемых, минерагения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертация на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского» (ФГУП «ВИМС»)

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук, профессор
Пирогов Борис Иванович
гл. научный сотрудник ФГУП «ВИМС»

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук
Белов Сергей Викторович
гл. научный сотрудник ОАО «Зарубежгеология»

доктор геолого-минералогических наук, профессор
Верчеба Александр Александрович
декан геологоразведочного факультета,
зав. кафедрой РГГРУ им. Серго Орджоникидзе

Ведущая организация: Федеральное государственное унитарное
геологическое предприятие «Урангеологоразведка»
(ФГУГП «Урангео»)

Защита состоится 22 февраля 2013 года в 11.00 часов на заседании диссертационного совета Д 216.005.01 в Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского» (ФГУП «ВИМС») по адресу: 119017, Москва, Старомонетный пер., 31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГУП «ВИМС»

Автореферат разослан «__» январь 2013 года

Ученый секретарь
диссертационного совета



Луговская И.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Уран в настоящее время является одним из важнейших источников электроэнергии. На долю атомной энергетики приходится порядка 17% всей вырабатываемой электроэнергии в мире. Несмотря на аварии на атомных электростанциях (АЭС) в Японии, многие государства азиатского региона наращивают свой атомно-энергетический потенциал (Китай, Индия, Южная Корея и др.). В связи с этим перед нашей страной и рядом других государств, стоит актуальная задача по восполнению и совершенствованию сырьевой базы урана. Атомная промышленность России испытывает острый дефицит уранового сырья: главные реакторные российские потребности и контрактные экспортные поставки тепловыделяющих сборок (ТВС) составляют сейчас порядка 20 тыс. т природного урана, тогда как производство его на отечественных объектах не превышает 15% от этого количества. Главная проблема минерально-сырьевой базы урана в России связана с низкими качественными показателями урановых руд в скальных породах, составляющих основную часть запасов урана России. Поэтому крайне важной является задача поисков новых урановых месторождений, рентабельных для освоения в современных экономических условиях, что особенно актуально для регионов Восточной Сибири и Дальнего Востока, развитию которых посвящен ряд правительственных инициатив последнего времени.

Вероятность выявления в России месторождений с богатым урановым оруденением достаточно велика. Наиболее перспективной в этом отношении металлогенической мегазоной является южное обрамление Восточно-Сибирской плиты, вмещающее ряд эндогенных урановых месторождений – Кедровое, Оленье, Кременецкое, Столбовое, Ансах, Безымянное, Туюканское, Чепок, Торгойское и крупнейшие урановорудные объекты Эльконского района. Об этом ранее указывалось в работах ряда исследователей [Макарьев и др., 2000; Мигута, 2012 и др.].

Месторождения Чепок и Торгойское, а также ряд проявлений урана расположены в Чарском районе, ураноносность которого охарактеризована в данной работе.

Цель работы. Установить эволюцию эндогенного уранового рудообразования в связи с архей-раннепротерозойской консолидацией коры и более поздними тектоно-магматическими эпохами, проявившимися в Чарском районе.

Основные задачи работы.

1. Изучить минералого-геохимические особенности урановой минерализации и сопровождающих ее околорудных изменений на урановорудных проявлениях Чарского района;
2. Определить геологические условия локализации разновременных ураноносных метасоматитов и уранового оруденения;

3. Разработать схемы последовательности минералообразования в связи с разноэтапной ураноносной гидротермально-метасоматической деятельностью для южной и западной частей рассматриваемой территории;

4. Создать историко-геологическую модель формирования урановых концентраций в Чарском районе на базе методологии разработанной А.К. Мигутой и И.С. Модниковым;

5. Выделить перспективные площади и участки для поисков в Чарском районе месторождений урана и других полезных ископаемых.

Фактический материал и личный вклад. Диссертационная работа основана на обобщении фондовой и опубликованной литературы по Чарскому району, а также на полевых, и камеральных исследованиях автора, проводившихся с 2007 по 2012 гг. в составе группы ФГУП «ВИМС». Полевые работы велись на 5 участках (Джелинда, Новый, Мигматитовый, Деканда и Сеньский) Ничатской площади, которая является составной частью Чарского района. В процессе работы автором задокументировано порядка 8000 пог. м керна скважин и более 500 пог. м канав и расчисток, пройдено 22 км пешеходных геолого-радиометрических маршрутов, описано и зарисовано 19 коренных обнажений. Все работы сопровождались документацией и отбором каменного материала, который обработан автором в камеральный период в отделе уранового сырья ФГУП «ВИМС». В результате изучено около 1200 шлифов, проанализировано различными методами (электронная микроскопия, микрозонд, рентгеноспектральный анализ и т.д.) около 1100 образцов, отстроено 17 разрезов и планов, составлены в соавторстве геологические карты масштаба 1:10000 для участков Джелинда и Новый. Совместными усилиями сотрудников ОАО «Сосновгео», ФГУП «ВИМС» при непосредственном участии автора диссертации, ФГУП «ВСЕГЕИ», ФГУНПП «Геологоразведка» и ООО «НТП Сосновгеос» было выявлено дополнительное количество точек минерализаций и рудопроявлений урана, золота, перспективы которых до сегодняшнего дня окончательно не определены.

Непосредственно автором диссертации осуществлялось геологическое картирование на всех участках, рассматриваемых в настоящей работе. По объектам (рудопр. Джелинда, Контактное, Новое, Фланговое, Узловое, Бухаровское, скв. 004, 006) им проводилось минералого-геохимическое изучение урановой минерализации и окколорудных изменений. Фактический материал и результаты исследований автора отражены в плановом отчете по теме: «Установить окколорудные изменения пород, минералого-геохимические и структурные особенности локализации богатого уранового оруденения, его вещественный состав и возраст на рудопроявлениях в зоне предрифейского ССН и в других геолого-структурных обстановках в западной части Березовского прогиба и его обрамлении».

Методы исследования включали изучение фондовой и опубликованной литературы, полевое геологическое картирование и камеральную обработку каменного материала. Полевое геологическое картирование, помимо геолого-радиометрических маршрутов, включало

документацию керн скважин, канав и обнажений. Оно решало вопросы геолого-структурного положения уранового оруденения, околорудных изменений и вмещающих пород. Камеральное изучение материала проводилось с целью минералого-петрографической изотопно-геохронологической и др. характеристик рудной и околорудной минерализации, а также минералого-петрографических особенностей вмещающих пород. Помимо традиционных оптических методов изучения урановой и сопутствующей минерализации в штуфах, комбинированных и прозрачных шлифах, использовался комплекс прецизионных методов исследований, выполненных в лабораториях ФГУП «ВИМС»: растровая и просвечивающая электронная микроскопия (РЭМ, ПЭМ), локальный лазерный анализ, рентгенографический анализ, кинетический термоизохронный Pb-Pb метод, метод автордиографии, рентгеноспектральный полуколичественный анализ (РСА) на 57 элементов. Ряд проб проанализирован на золото в Бронницкой ГГЭ ФГУП «ИМГРЭ».

Методологической основой диссертации стал эволюционно-геологический подход, использующий разработки А.К Мигуты. и И.С. Модникова [1999]. Созданная ими методология прогнозирования районов с масштабным эндогенным урановым оруденением, базируется на мировом опыте изучения и оценки ураноносности крупнейших структур земной коры. Она основана на историко-геологическом анализе особенностей раннего рудоподготовительного и более поздних рудообразующих этапов. Разработанный на этой основе комплекс критериев рудоносности проявлен в пределах крупных гранитизированных фрагментов южного обрамления Восточно-Сибирской плиты, в том числе, и в Чарском районе.

Научная новизна работы. На основании проведенных исследований получены следующие новые данные:

1. Установлен процесс длительного накопления урана в древних формациях Чарского района с последовательным проявлением регионального метаморфизма в условиях зеленосланцевой, эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций, многофазной гранитизации метаморфитов и пневмато-гидротермальной деятельности в региональных зонах разломов, в совокупности создавших масштабный геохимический источник металла для последующего рудообразования;

2. Показано, что ранне-среднерифейские процессы надвигового тектогенеза сопровождались диафторезом ураноносных фельдшпатолитов, на месте которых в позднем рифее, в связи с процессами кислотного метасоматоза, формировалось промышленное урановое оруденение;

3. Установлено, что в Чарском районе эволюция мезозойского магматизма и гидротермально-метасоматическая деятельность проявились формированием вначале даек умереннощелочных пород среднего состава, что сопровождалось образованием золотоносных гумбеитов; позднее возник дифференцированный комплекс высокощелочных малых интрузий и даек, с которым связаны фениты, грейзены и ураноносные брекчиевые гидротермалиты;

4. Разработаны поэтапные схемы последовательности ураноносного гидротермально-метасоматического минералообразования для южной и западной частей рассматриваемой территории;

5. Создана историко-геологическая модель уранового рудообразования в Чарском районе, отражающая процессы эволюции урана на раннепротерозойском рудоподготовительном и рудообразующих рифейском и мезозойском этапах.

Практическая значимость. Полученные в процессе исследований минералого-геохимические и геолого-структурные данные по ураноносным гидротермально-метасоматическим формациям Чарского района позволили определить условия формирования и закономерности размещения урановорудных объектов. На этой основе с использованием созданной историко-геологической модели были выделены площади и участки, перспективные на обнаружение слепых и слабопроявленных месторождений урана, а также площадь для поисков золотого оруденения.

Апробация работы и публикации. Основные положения работы и результаты исследований докладывались автором на Ученом совете ФГУП «ВИМС», на II международном симпозиуме «Уран: Ресурсы и производство» (Москва, 2008 г.), XI международной молодежной научной конференции «Полярное сияние 2008» (Санкт-Петербург, 2008 г.), III межвузовской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые – наукам о Земле» (Москва, 2008 г.) и трех Всероссийских научно-практических конференциях молодых ученых и специалистов (Москва, 2008, 2009, 2012 г.). Основные идеи и результаты работы отражены в 9 публикациях, в том числе 2 в изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы из 95 наименований. Объем работы составляет 159 страниц, 93 иллюстраций и 29 таблиц.

Благодарности. Автор выражает признательность своему научному руководителю д.г.-м.н. профессору Б.И. Пирогову за практическую помощь и научное курирование. За содержательные консультации диссертант искренне благодарен д.г.-м.н. профессору А.К. Мигуте. Особую признательность автор выражает своему полевому учителю С.И. Мельникову, годы работы с которым прошли в тесном творческом сотрудничестве. Многолетние полевые исследования по Чарскому району осуществлялись совместно с сотрудниками ОАО «Сосновгео», ФГУП «ВСЕГЕИ», ФГУП «ВИМС», ООО «НТП Сосновгеос», которым автор признателен за практическую помощь и содействие. Диссертант выражает глубокую признательность за помощь в изучении вещественного состава и минералого-геохимических особенностей оруденения специалистам отдела уранового сырья, аналитическому центру и научным лабораториям ФГУП «ВИМС»: к.г.-м.н. Н.В. Леденевой, д.г.-м.н. В.Т. Дубинчуку, В.В. Ружицкому, к.г.-м.н. Н.И. Чистяковой, к.г.-м.н. Г.К. Кривоконовой, к.ф.-м.н. Л.В. Сумину, к.г.-м.н. Л.А. Березиной, инженеру О.Б. Назаровой и др. Автор сердечно благодарит за помощь и поддержку, а также профессиональные советы при обсуждении ключевых вопросов по

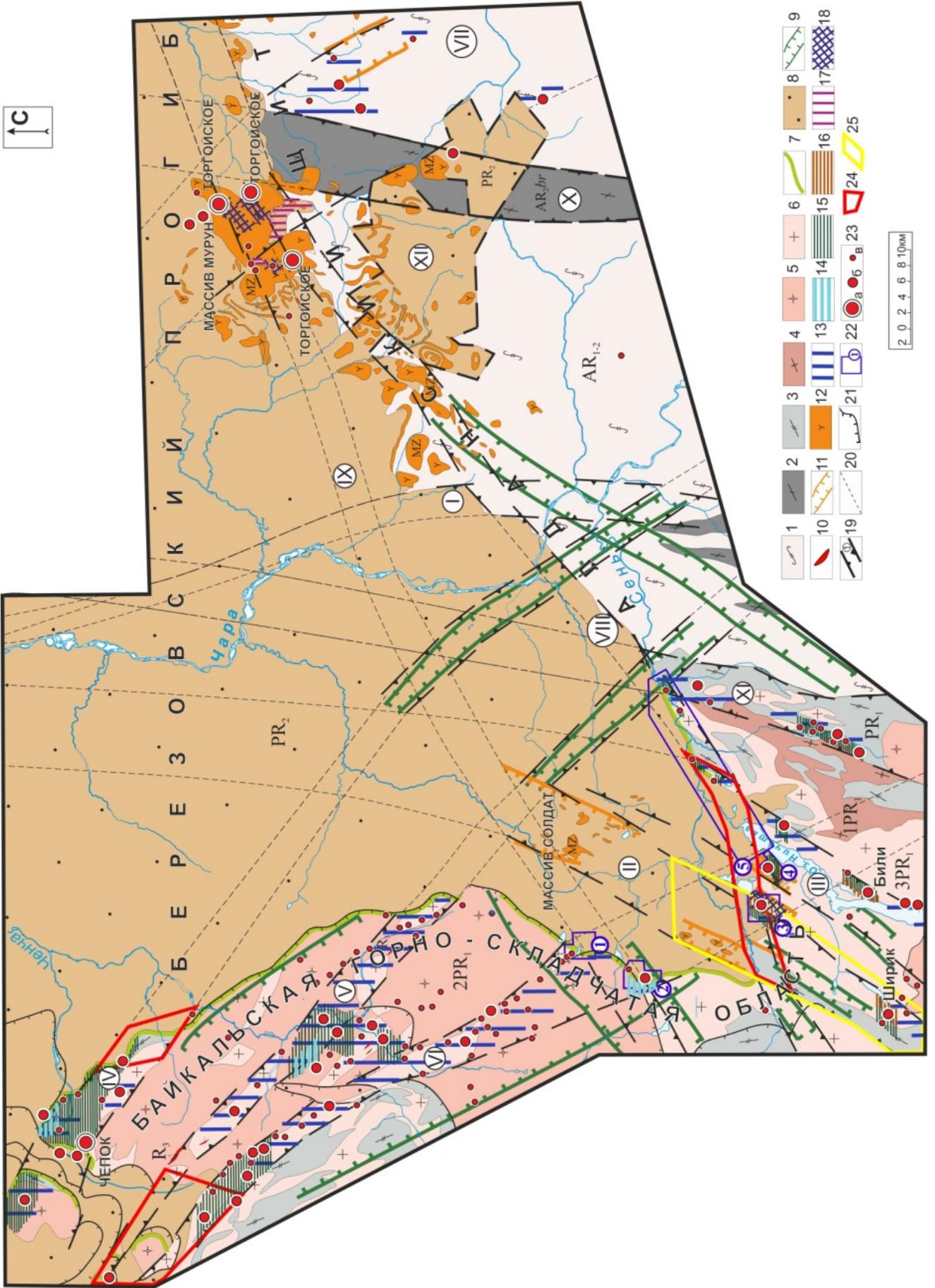
теме диссертации к.г.-м.н. А.Д. Коноплева, А.В. Курбатова, д.г.-м.н. И.Г. Минееву, к.г.-м.н. Н.В. Овсянникова, О.В. Озерову, к.г.-м.н. Т.Н. Сирину, к.г.-м.н. Г.А. Тарханову, к.г.-м.н. В.М. Тюленеву, к.г.-м.н. Л.В. Чеснокова.

ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

Первое защищаемое положение. В Чарском урановорудном районе длительно развивался процесс формирования и преобразования урановых концентраций в связи с раннепротерозойской консолидацией коры и проявлением ТМА в позднепротерозойскую и мезозойскую эпохи. Основное рудоподготовительное значение принадлежит раннепротерозойским процессам образования специализированных метаморфических и интрузивных формаций с проявлением скарнирования, грейзенизации, кремне-щелочного метасоматоза и возникновением рассеянной уран-торий-редкоземельной, уран-молибденовой минерализаций, а также мелких урановорудных объектов.

Чарский район охватывает область сочленения трех крупных геотектонических структур – Алданского щита и Березовского прогиба Восточно-Сибирской платформы с Байкальской горно-складчатой областью (Нечерским поднятием) (рис. 1). В геологическом строении района принимают участие архейские магматические, ультраметаморфические и высокометаморфизованные образования Алданского кристаллического щита, нижнепротерозойские ультраметаморфиты, магматиты и метаморфиты амфиболитовой, эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций Байкальской складчатой области, а также стратифицированные рифей-нижнекембрийские осадочно-метаморфические отложения Березовского прогиба.

Геолого-структурное положение территории определено сочленением разновозрастных региональных долгоживущих многошовных зон разломов, развитие которых охватывает значительный отрезок времени – от архея до мезозоя. В архей-раннепротерозойский период были сформированы крупные меридиональные Чаро-Токкинская и Урага-Холболокская синклиновые структуры, а также региональные разломы субмеридионального и северо-западного простирания: Чарский, Жуинский, Ничатский, Право- и Левоченчинские, Ствотах-Юсюрхский и Кеме-Кебектинский. В позднепротерозойское время происходило становление Ималыкского грабена и региональных разломов северо-восточного простирания – Атбастах-Торгойского и Гольцового. В этот же период времени локально проявились надвиговые структуры, сопровождающиеся приразломной складчатостью. В раннем-среднем палеозое в северо-западной части района были активизированы процессы шарьяжно-надвигового типа.



- 1 [Symbol]
- 2 [Symbol]
- 3 [Symbol]
- 4 [Symbol]
- 5 [Symbol]
- 6 [Symbol]
- 7 [Symbol]
- 8 [Symbol]
- 9 [Symbol]
- 10 [Symbol]
- 11 [Symbol]
- 12 [Symbol]
- 13 [Symbol]
- 14 [Symbol]
- 15 [Symbol]
- 16 [Symbol]
- 17 [Symbol]
- 18 [Symbol]
- 19 [Symbol]
- 20 [Symbol]
- 21 [Symbol]
- 22 [Symbol]
- 23 [Symbol]
- 24 [Symbol]
- 25 [Symbol]

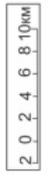


Рис. 1. Специализированная геолого-структурная схема Чарского района с участками перспективными на обнаружения промышленного уранового и золотого оруденения. Составил: Н.А. Гребенкин с использованием геологической основы и материалов ФГУП «ВСЕГЕИ» и БФ «Сосновгеология».

1-2 – архейские породы Алданского щита: 1 – архейские ультраметаморфические, магматические и высокометаморфизованные образования ($AR_{1,2}$); 2 – метаморфиты амфиболитовой фации борсалинской серии (AR_{2br}); 3-6 – нижнепротерозойские породы Байкальской горной области: 3 – метаморфические образования амфиболитовой, эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций удоканской серии (PR_1); 4-6 – ультраметаморфические и магматические породы кодари-удоканского комплекса (PR_1); 4 – первой фазы гранитизации (гранито-гнейсы); 5 – второй фазы гранитизации (граниты, граносиениты); 6 – третьей фазы гранитизации (лейкограниты); 7 – кора выветривания хлорит-серицит-гидрослюдистого состава (PR_1); 8 – верхнепротерозойские-нижнекембрийские стратифицированные осадочно-метаморфические отложения Березовского прогиба (PR_2); 9 – область проявления даек основного состава (чайского, доросского и патомского комплексов) ($R_{1,3}$); 10 – жильные тела гранитов язовского комплекса (R_3); 11 – область проявления даек щелочного состава (MZ); 12 – различные по морфологии тела щелочных пород (MZ); 13 – нижнепротерозойские биотит-кварц-полевошпатовые метасоматиты (фельдшпатолиты), сопровождающие вкрапленное U-Th-TR и U-Mo оруденение; 14 – позднепротерозойские метасоматиты с U-P оруденением; 15 – позднепротерозойские метасоматиты с U-сульфидным оруденением; 16 – мезозойские золотоносные пирит-карбонат-калишпатовые метасоматиты (гумбеиты); 17 – мезозойские эгирин-калишпатовые изменения (фениты) с ториевой минерализацией; 18 – мезозойские брекчиевые урановорудные гидротермалиты гидрослюда-пирит-кварц-барит-флюорит-карбонатного состава, часто совмещенные с ураноносными кварцевыми грейзенами; 19 – региональные зоны разломов и крупные грабены: I – Чарский, II – Жуинский, III – Ничатский, IV – Правоченчинский, V – Левоченчинский, VI – Ствотах-Юсюряхский, VII – Кеме-Кебектинский, VIII – Атбастах-Торгойский, IX – Гольцовый; X – Чаро-Токкинский, XI – Урага-Холболукский, XII – Ималыкский; 20 – предполагаемые зоны региональных разломов; 21 – разрывные нарушения надвигового типа; 22 – участки детальных работ 2007-2010 гг.: 1 – Джелинда (руд-е Джелинда), 2 – Новый (руд-я Новое I, II, III, Контактное) 3 – Мигматитовый (руд-я Мигматитовое, Фланговое, Центральное, Узловое), 4 – Деканда (руд-е Бухаровское, Сланцевое, Мысовое, Встречное) 5 – Сеньский; 23 – эндогенные урановые объекты: а – месторождения, б – рудопроявления, в – аномалии и точки минерализации; 24 – участки перспективные на обнаружения промышленного уранового оруденения позднепротерозойского возраста; 25 – площадь перспективная на обнаружения промышленного золотого оруденения мезозойского возраста

Региональные зоны разломов трассируются рифейскими дайками габброидов чайского ($PR_{1,2}čs$), доросского (PR_2d), патомского (PR_3p) комплексов и гранитоидов язовского комплексов ($γπPR_2j$), а также среднеюрскими-раннемеловыми телами магматитов умереннощелочного и щелочного составов. Многообразие геологических формаций и сложный тектонический рисунок площади свидетельствуют о длительной истории геологического развития района с неоднократной сменой плана деформаций. Это обусловлено архейскими и раннепротерозойскими процессами регионального метаморфизма и гранитизации, в заключительную стадию которой формировались ураноносные кремне-щелочные метасоматиты. В позднем протерозое район был неоднократно активизирован, что привело к разрушению фельдшпатолитов и формированию в рифее на их месте диафоритов, метасоматитов кислотного типа с уран-фосфорной и уран-сульфидной минерализацией. По мнению Л.Б.Макарьева и др. [1990, 2006] в раннепалеозойское время в связи с шарьяжно-надвиговыми процессами проявилось золотое оруденение в березитах (месторождение Ходокан) и урановое оруденение «патомского» типа. С процессами постнадвигового тектогенеза девон-карбонского времени, по мнению В.Н.Голубева и др.

[2008] и В.М.Тюленевой и др. [2009], в локальных участках северо-западной части района формировалась богатая урановая минерализация, сопровождавшаяся метасоматитами щелочного состава. В среднеюрско-раннемеловое время очередная активизация проявилась метасоматозом щелочной направленности и более поздними урановорудными гидротермалитами [Гребенкин, 2013].

Анализ данных, проведенный А.К.Мигутой и И.С.Модниковым [1999] по ряду урановорудных районов мира с крупными эндогенными месторождениями урана, показал, что огромное значение при образовании промышленных концентраций урана имели процессы рудоподготовительного характера, протекавшие на ранних стадия развития рудоносных геоблоков. Эти процессы приводили к первичному накоплению и последующему перераспределению урана, который в дальнейшем являлся главным источником формирования месторождений. К этим процессам отнесены региональный метаморфизм, гранитизация и связанная с последней пневматолито-гидротермальная деятельность, которые, масштабно и неоднократно проявлялись, как показали и наши наблюдения, в рассматриваемом районе.

Так, в архейский период в районе развивались процессы глубокого метаморфизма и гранитизации, что способствовало формированию различных по составу гранитоидов и метаморфитов гранулитовой и амфиболитовой фаций, содержащих U от 1.2 до 2.6 г/т и Th от 5.6 до 10 г/т.

Далее, в раннепротерозойское время происходило очередное раскалывание архейского кристаллического фундамента на отдельные крупные блоки вдоль Жуинской и Урага-Холболокской тектонических зон. В результате значительная часть территории была опущена, и здесь формировался морской бассейн с отложением в нем осадочных формаций удоканской серии, возраст которой оценивается в 1895 ± 30 – 1870 млн. лет [Павлык и др., 1986; Терлеев и др., 2006]. В связи с процессами регионального метаморфизма, протекавшего в условиях амфиболитовой, эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций происходило накопление U (около 4 г/т) и Th (порядка 14 г/т).

На рис. 2. видно, что содержание урана значительно меньше в архейских породах амфиболитовой и гранулитовой фаций по сравнению с нижнепротерозойскими метаморфическими образованиями, которые были сформированы в условиях амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций.

В период 1850 – 1750 млн. лет, вследствие развития длительных процессов гранитизации и анатексиса, сформировались крупные многофазные гранитоидные массивы кодаро-удоканского комплекса [Горелов, 1971]. С каждой последующей новообразованной фазой росло содержание кремнезема с 72 до 74%, щелочных металлов ($K_2O + Na_2O$) с 7.8 до 8.4%, Th с 17 до 23% и U с 6 до 7 г/т во вновь образованных магматических породах. Уран в свою очередь концентрировался в виде микропримесей в монаците, ксенотиме и других акцессорных минералах.

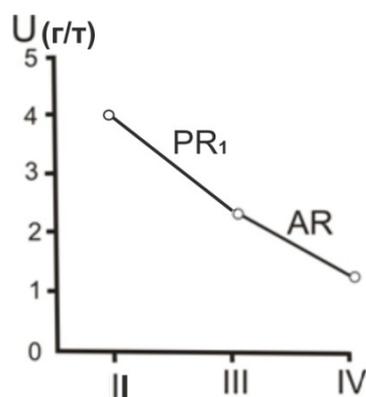


Рис. 2. Содержание урана (г/т) в терригенных породах различных фаций метаморфизма в разновозрастных образованиях Чарского района; II–IV – фации метаморфизма; II – эпидот-амфиболитовая; III – амфиболитовая; IV – гранулитовая

На заключительной стадии становления раннепротерозойских гранитов в региональных зонах разломов северо-западного и субмеридионального направлений активно проявились пневмато-гидротермальные процессы, способствовавшие образованию скарноидов, грейзенов и ураноносных фельдшпатолитов (рис. 3). Последние изучались нами в пределах участков Джелинда, Новый и Сеньский. В зонах региональных разломов, в том числе, наследуя тела бластомилонитов [Макарьев и др., 2005], происходило формирование *кремне-щелочных метасоматитов (фельдшпатолитов) с уран-торий-редкоземельной и уран-молибденовой минерализациями*, которые слагали маломощные гнезда и линзы (первые метры), выполненные вкрапленной радиоактивной минерализацией в виде монацита, ксенотима с примесью урана и непосредственно торийсодержащим уранинитом с молибденитом и пиритом. Содержание урана в фельдшпатолитах по данным штуфного опробования достигает сотен г/т. По данным Макарьева и др., [2000]; Царук и др., [2004], в частности нашим результатам [Мельников, Гребенкин и др., 2010] возраст вкрапленной радиоактивной минерализации отвечает раннему протерозою и укладывается в интервал 1.8 – 1.6 млрд. лет.

С процессами кремне-щелочного метасоматоза было связано накопление (в скобках – коэффициент накопления): U(122), P₂O₅(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).

Таким образом, длительное развитие в районе рудоподготовительных процессов – регионального метаморфизма, палингенной гранитизации и пневматолито-гидротермальной деятельности привело к формированию специализированных на уран и сопутствующие элементы формационных комплексов, служивших источником урана для последующего рудообразования.

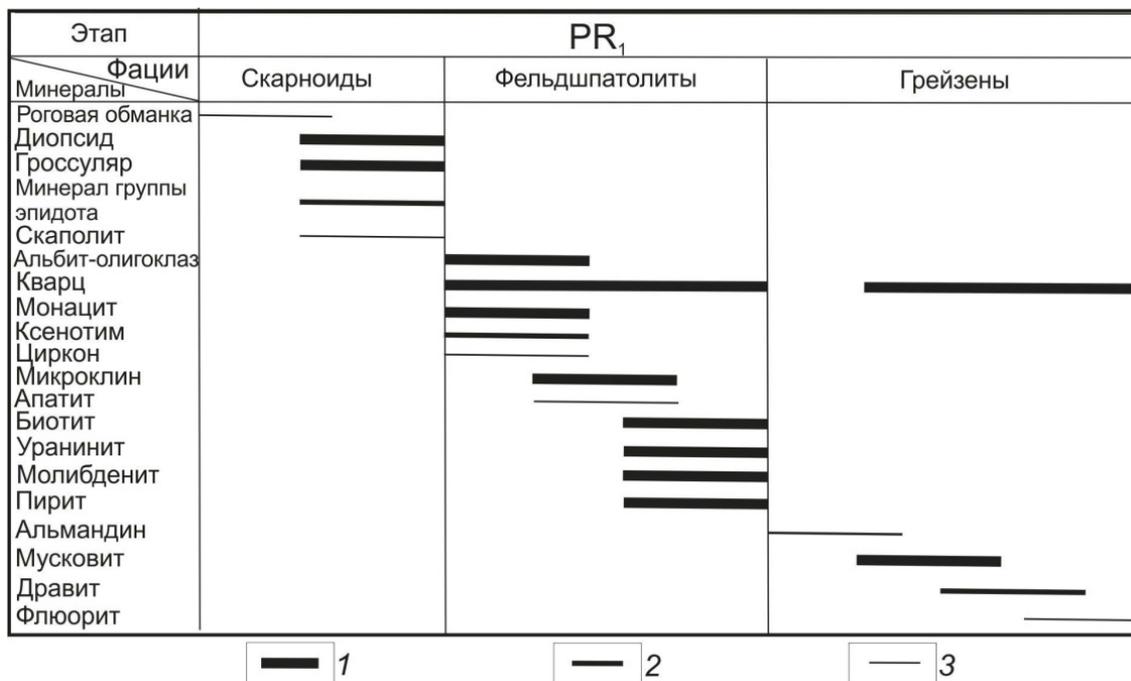


Рис. 3. Схема последовательности минералообразования в связи с раннепротерозойской пневмато-гидротермальной деятельностью, проявившейся в Чарском районе. Составил Н.А. Гребенкин.

1 – широко распространенные минералы; 2 – мало распространенные; 3 – редко встречающиеся

Второе защищаемое положение. Позднепротерозойская и палеозойская ТМА выразились в Чарском районе формированием сложных систем крутопадающих разломов и надвиговых дислокаций, способствовавших, в одном случае, повышенной проницаемости земной коры с внедрением даек и малых тел габброидов и гранитоидов, в другом – диафторезу нижнепротерозойских образований, с перераспределением урана. В локальных участках проявились гидротермально-метасоматические изменения кислотного типа, сопровождавшиеся уран-фосфорным и уран-сульфидным оруденением, на месторождении Чепок и ряде рудопроявлений урана – Бухаровском, Мигматитовом и др.

Важнейшее значение для рудообразования имели процессы тектоно-магматической или тектонической активизации в областях развития радиогеохимически специализированных на уран гранитизированных пород и гидротермально-метасоматических образований. Они сопровождались подновлением ранее существовавших и заложением новых тектонических структур, что обусловило их мелкоблоковое мозаичное строение и повышенную проницаемость для магматических расплавов и более поздних гидротермальных растворов, выщелачивающих уран из радиогеохимически специализированных комплексов пород. Эти рудообразующие процессы полихронно проявились с позднего протерозоя по мезозой. В результате в позднем протерозое было сформировано месторождение урана Чепок и ряд более мелких объектов – рудопроявления Бухаровское, Мигматитовое, Новое и др.

Позднепротерозойские геологические события, связанные с рудообразующей деятельностью, имели следующую последовательность. После проявления процессов пенепленизации, способствовавших развитию площадных кор выветривания, в раннем – среднем рифее возобновилась тектоно-магматическая деятельность в виде заложения протяженных северо-восточных тектонических структур и подновления древних разломов, что способствовало опусканию значительной части территории вдоль региональных зон разломов и зарождению осадочного бассейна. Магматическая деятельность была связана с внедрением в региональные зоны разломов даек основного состава чайского и доросского комплексов. На участке Джелинда нами установлено, что подновление региональных разломов северо-западного простирания происходило в парагенезисе с надвигами, для которых они являлись сдвигами. Такая тектоническая деятельность сопровождалась диафторезом ураноносных фельдшпатолитов с перераспределением в них урана. Породы испытывали интенсивную деформацию и микрокатаклиз с образованием изогнутых кристаллов биотита, деформированных зерен полевых шпатов и кварца. Этот процесс привел к замещению слюды хлоритом и серицитом с образованием оксида титана и сфена, раскислению плагиоклаза, развитию внутри кварц-полевошпатовой матрицы кварц-альбитовых микропрожилков. В свою очередь фосфаты редких земель и уранинит были разрушены, что способствовало формированию апатита, ортита, торита, циртолита и настурана.

Абсолютный возраст радиоактивной минерализации из диафторированных пород составляет 1.3-1.1 млрд. лет (Pb-Pb метод определения).

В позднем рифее район снова был активизирован, о чем свидетельствует внедрение в зоны региональных разломов даек основного состава патомского комплекса и гранитоидов язовского комплекса. В это же время в районе, в локальных обстановках, проявилась гидротермально-метасоматическая деятельность кислотного типа, обусловившая формирование предрудных пирит-серицит-кварцевых метасоматитов, и рудосопровождающих изменений с уран-фосфорным и уран-сульфидным оруденением, а также пострудных прожилков, кальцита, кварца, флюорита и гематита [Гребенкин, 2013] (рис. 4.). Детальное описание ураноносных гидротермально-метасоматических изменений проявленных в северо-западной части района (месторождение Чепок и др. рудопроявлениях) приведено в работах В.М.Тюленовой [2002] и Л.Б.Макарьева и др. [2005, 2006]. В южной и западной части района, на рудопроявлениях Мигматитовое, Фланговое, Узловое, Бухаровское, Контактное и др., проявлены схожие околорудные изменения. Нами осуществлялось геологическое картирование и типизация метасоматитов с данных объектов.

Этап	R ₁ -R ₂		R ₂ -R ₃			
	Фашии	Диафториты	Пирит-серицит-кварцевая	ГМИ сопровождающие взаимоотношения не установлены U-P минеральный тип	U-сульфидный минеральный тип	Кальцит-кварц-флюоритовая
Минералы						
Кварц						
Альбит						
Серицит						
Хлорит						
Апатит						
Ортит						
Торит						
Сфен						
Оксид титана						
Циртолит						
Галенит						
Настуран						
Пирит						
Халькопирит						
Пирротин						
Сфалерит						
Гематит						
Уранинит						
Коффинит						
Нингиоит						
Гидрослюда						
Браннерит						
Карбонат TR						
Молибденит						
Кальцит						
Флюорит						

Рис. 4. Схема последовательности минералообразования, проявившегося в южной и западной частях Чарского района в связи с позднепротерозойскими процессами диафтореза и гидротермально-метасоматической деятельностью кислотного типа. Составил Н.А.Гребенкин. Условные обозначения приведены на рис. 3

Изменения, сопровождающие уран-фосфорный тип оруденения, представляют собой брекчии бурого, ярко-красного цветов, сложенные апатитом, гетит-гематитом, хлоритом, серицитом с криптокварцем, редко присутствующим оксидом титана и пиритом, а также тонкодисперсными выделениями уранинита, настурана, коффинита и нингиоита, которые локализованы внутри гематитизированного апатита. Данные изменения распространены в Ствотах-Юсюряхской и Ченчинской региональных зонах.

Они проявлены в фундаменте под рифейским осадочно-метаморфическим чехлом в пределах абсолютных отметок 1500 – 1600 м. В большинстве случаев они наложены на тела пирит-серицит-кварцевых метасоматитов и локализуются в их наиболее тектонически проработанных центральных участках, образуя крутопадающие линзы и маломощные жилы мощностью 1-2 м, содержащие уран в количестве до 0.01%.

Процесс формирования метасоматитов сопровождался привнесением P₂O₅(133), U(54), F(10), CaO(8.9), S(6.6), Cu(3.7) и Ce(2.1). Аномальные концентрации этих элементов минералогически обусловлены наличием фторапатита, сульфидов и урановых минералов, содержащих редкоземельные элементы. Геохимически U, Ca, F, P, Sr и Pb образуют группу элементов, характеризующихся положительным коэффициентом корреляции 0.7- 0.96.

Абсолютный возраст уран-фосфорной минерализации не определен в связи с дисперсностью ее выделений. Однако установлено, что уран-фосфорная минерализация наложена на нижнепротерозойскую кору выветривания.

Изменения, сопровождающие уран-сульфидный тип оруденения, представлены сульфидами (пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом),

различными по химическому составу хлоритами (от магнезиально-железистого до железистого) и гидрослюдой, в некоторых случаях оксидом титана. Урановая минерализация развита в виде вкрапленности браннерита и безториевого уранинита, либо прожилков настурана и коффинита. В западной части района эти изменения приурочены к региональным структурам северо-западного простирания (месторождение Чепок и ряд рудопроявлений), а на юге – к Ничатской и Жуинской многошовным зонам разломов (рудопр. Бухаровское и Мигматитовое). Нами установлено, что здесь эти изменения локализованы в тектонических швах субширотного и субмеридионального простирания. Протяженность швов варьирует от первых сотен метров (200 м) до первых километров (порядка 2000 м). Суммарные стволовые мощности (по керну скважин) интервалов зон дробления, выполненных метасоматитами, с учетом целиков слабо нарушенных вмещающих пород, варьируют от первых метров до 65 метров в стержневой части. Зоны гидротермально-метасоматической проработки с урановым оруденением локализованы в пределах абсолютных отметок 200-600 м, непосредственно под рифейским осадочно-метаморфическим чехлом и исключительно в породах фундамента – углеродсодержащих кристаллических сланцах и бластомилонитах, реже в участках развития пирит-серицит-кварцевых метасоматитов (рис. 5). Что касается внутреннего устройства зон, вмещающих урановое оруденение, то они представляют собой систему сближенных маломощных швов катаклазитов, брекчий и участков сгущения разнонаправленной минерализованной трещиноватости. Их периферию слагает бедная по содержанию, вкрапленная и прожилково-вкрапленная урановая минерализация, сформировавшаяся в процессе метасоматического замещения. К центральным, интенсивно брекчированным и гидротермально-проработанным участкам зон приурочено наиболее богатое прожилковое оруденение. Содержание урана варьирует от 0.01 % в краевых частях оруденелых зон и до 1.8% в участках максимальной тектоно-метасоматической проработки.

Сравнение уран-сульфидных метасоматитов с безрудными кристаллическими сланцами показало, что первые характеризуются высокими содержаниями широкого ряда элементов: 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). Геохимические данные согласуются с результатами минералогических исследований. Так, наличие U и TR обусловлено присутствием урановой минерализации, иногда 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 оксида титана содержащего ниобий. Между U, Pb, Y и Mo установлена положительная связь, характеризующаяся коэффициентом корреляции 0.6-0.9. Намечающаяся положительная корреляционная зависимость (Kкорр. 0.3-0.6) характерна между вышеперечисленной группой элементов, а также As, Zn, Se, Se и Yb. Возраст прожилковой настуран-коффинитовой минерализации, отвечает значениям 600 – 800 млн. лет.

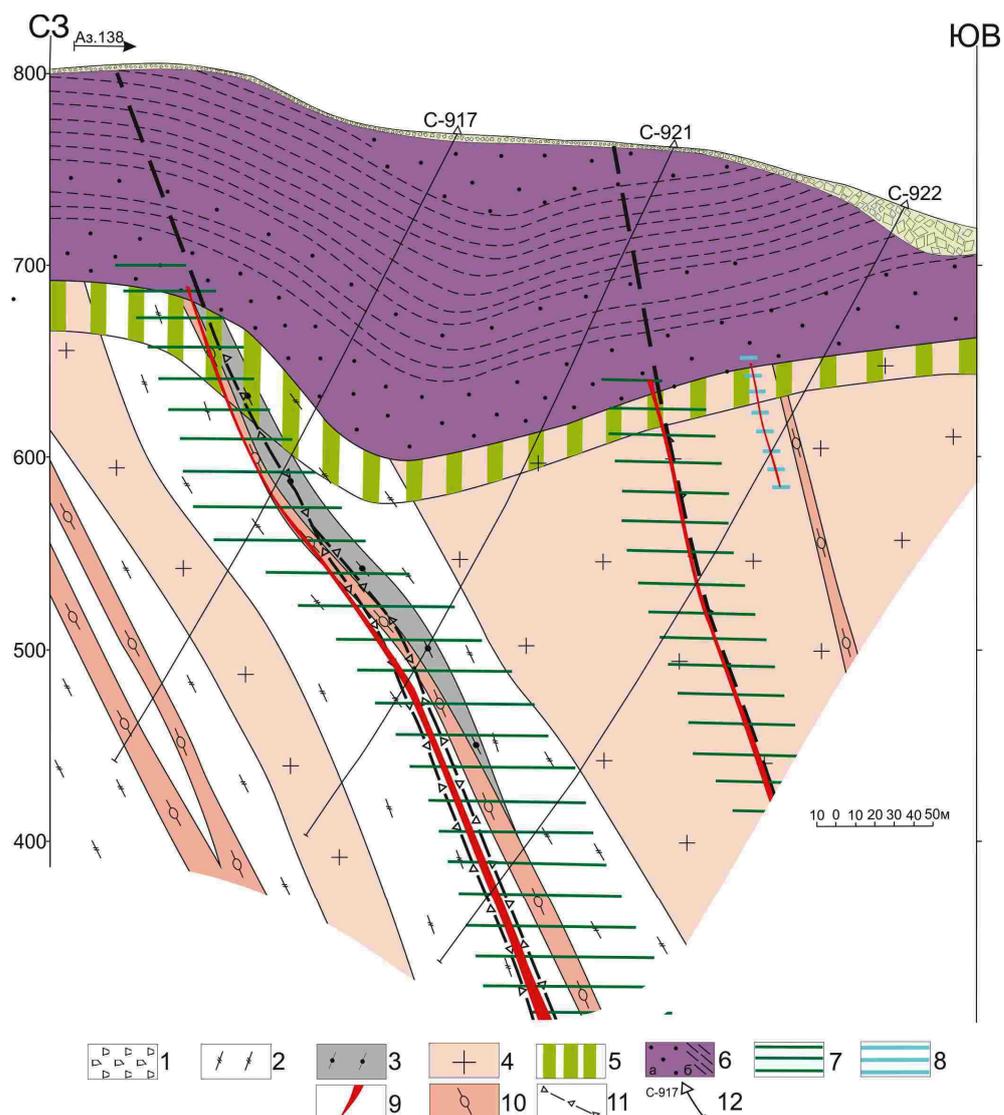


Рис. 5. Положение в геологическом разрезе метасоматитов, сопровождающих уран-сульфидное оруденение (рудопр. Бухаровское). Составили: Н.А. Гребенкин, С.И. Мельников, Р.Е. Рудаков с использованием материалов ОАО «Сосногео».

1 – четвертичные отложения; 2 – кристаллические сланцы (PR₁); 3 – кристаллические сланцы углеродсодержащие (PR₁); 4 – гранитоиды (PR₁); 5 – предрифейская кора выветривания; 6 – отложения рифейского чехла (R₁): ба – метапесчанники, метагравелиты, метаконгломераты; бб – метаалевролиты, сланцы хлорит-серицитовые; 7 – совмещенные предрудные пирит-серицит-кварцевые изменения и рудные метасоматиты с U-сульфидной минерализацией (PR₂); 8 – метасоматиты с U-P оруденением (PR₂); 9 – тела с урановой минерализацией (содержащие U более 0.05%); 10 – зоны бластомилонитов; 11 – зоны брекчирования; 12 – скважины

Приведенные данные показывают, что процессы позднепротерозойского уранового рудообразования были связаны с полихронно проявившейся в районе в это время тектоно-магматической деятельностью, которая сопровождалась диафторезом ураноносных фельдшпатолитов и более поздним метасоматозом кислотной направленности.

Третье защищаемое положение. Завершение процессов эндогенного уранового рудообразования в Чарском районе связано с мезозойской ТМА, проявившейся в подновлении древних и образовании новых зон разломов, возникновении дифференцированного щелочного комплекса малых интрузий, которые сопровождались вначале золотоносными пирит-карбонат-калишпатовыми метасоматитами, сходными с предрудными метасоматитами Эльконского района, а позднее сменились фенитами, жильными и брекчиевыми образованиями с формированием ториевых, урановых и торий-урановых проявлений и Торгойского уранового месторождения.

В мезозойское время в Чарском районе возобновились процессы эндогенного уранового рудообразования, которые активно проявились в западной части Алданского щита в области влияния Жуинского и Ничатского разломов. В результате было образовано Торгойское месторождение урана, а также ряд уран-золоторудных проявлений: Били, Ширик, Фланговое и др. В Эльконском районе в это же время в связи с масштабным проявлением схожих мезозойских тектоно-магматических и гидротермально-метасоматических процессов, возникли крупные месторождения U и Au.

Процессы мезозойского рудообразования в Чарском районе вначале были связаны со среднеюрской ТМА, выразившейся подновлением региональных тектонических зон и образованием внутри них разломов более высокого порядка. Эти процессы способствовали формированию мелкоблокового строения территории и внедрению в южной части района даек умереннощелочных пород, в первую очередь роговообманковых сиенит-порфиров. Возраст аналогичных образований, проявленных в пределах Эльконского горста, составляет 172 – 158 млн. лет [Овсянников, 1979]. В заключительную стадию среднеюрского этапа в Чарском районе формировались золотоносные гумбеиты и прожилки пирит-карбонат-коффинитового состава (рис. 6.) [Гребенкин, 2012].

Гумбеиты (пирит-карбонат-калишпатовые метасоматиты) откартированы нами на юге Чарского района (уч. Мигматитовый), где они приурочены к Жуинской многошовной зоне разломов. Часто тела гумбеитов тяготеют к экзоконтактам даек роговообманковых сиенит-порфиров (рис. 7). Метасоматиты имеют север-северо-восточное простирание (10-30°), образуют серии сближенных швов мощностью 1-5 м, которые в виде фрагментарной полосы прослеживаются вдоль Жуинской зоны разломов на расстояние около 20 км. Гумбеиты характеризуются бурой, ярко-оранжевой окрасками, брекчиевой, струйчатой, сетчатой текстурами. Они развиты по метасоматически измененным кристаллическим сланцам, гранитам, значительно реже по роговообманковым порфирам и сложены бурым калиевым полевым шпатом, адуляром, карбонатами, флюоритом и пиритом, содержащим тонкодисперсное золото. По данным штучного опробования содержание золота в гумбеитах варьирует от первых г/т до 10 г/т. Проведенный нами предварительный расчет, при условии содержания золота 3 г/т в зонах с пирит-

карбонат-калишпатовыми метасоматитами позволяет считать, что ресурсы золота в пределах уч. Мигматитовый составляют порядка 7000 кг.

Этапы	J ₂		J ₃ -K ₁	
Формации	Метасоматическая	Гидротермальная	Пневмато-гидротермальная	Гидротермальная
Фации	Гумбеиты	Пирит-карбонат-коффинитовая	Грейзены	Гидрослюда-барит-пирит-криптокварц-флюорит-карбонатная
Калиевый полевой шпат	■			
Пирит	■	■		■
Золото	—	—		
Брейнерит	■			
Адуляр	■			
Флюорит				■
Анкерит		■		
Коффинит		■		
Кварц крупно-среднезернистый			■	
Хэттонит			—	
Уранинит				—
Гидрослюда				—
Кварц мелко-криптозернистый				■
Кальцит				■
Барит				■

Рис. 6. Схема последовательности минералообразования, проявившегося в южной части Чарского района в связи с мезозойской гидротермально-метасоматической деятельностью. Составил Н.А. Гребенкин. Условные обозначения приведены на рис. 3

В зонах гумбеитов отмечаются маломощные (первые миллиметры) прожилки *пирит-карбонат-коффинитового состава*.

В позднеюрское-раннемеловое время в восточной и центральной частях района возобновилась активизационная деятельность выразившаяся в становлении пластовых тел, штоков, покровов, силлов щелочных пород и внедрении даек щелочных гранитов, грорудитов и сельвсбергитов. В заключительную стадию формировались фениты и грейзены с ториевой и уран-ториевой минерализациями, немного позже жильные и брекчиевые гидротермалиты, сложенные кварцем, флюоритом, баритом, гидрослюдой, оксидами титана, карбонатами, фосфатами и сульфидами, с урановой и уран-ториевой минерализациями. Детальная характеристика гидротермально-метасоматических изменений, проявленных в Мурунском массиве, приведена в работах Т.В. Билибиной и др., [1962]; В.П. Роговой, [1965]; И.Г. Минеевой, [1966]; Г.В. Дитмара и др., [1983].

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

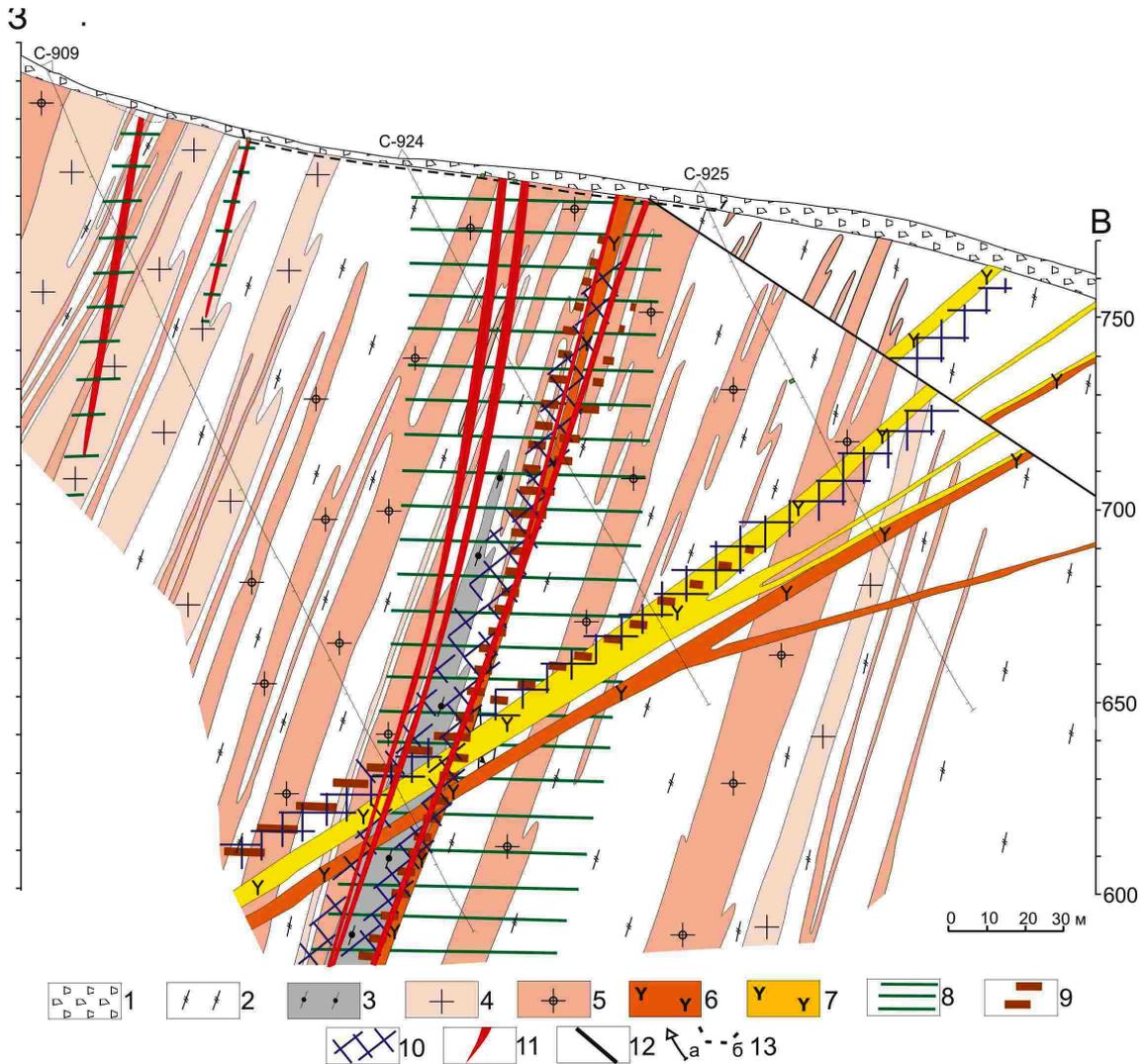
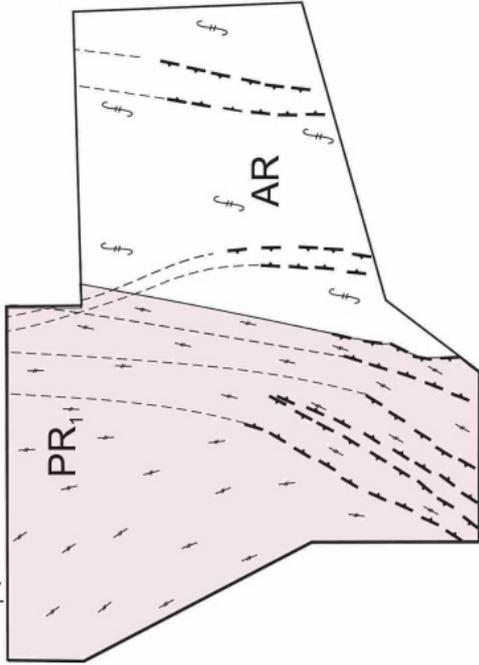


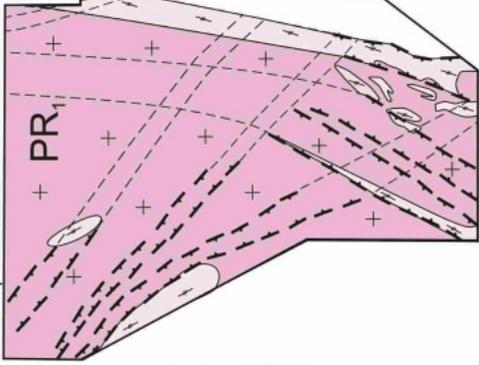
Рис. 7. Положение гумбеитов, брекчиевых гидротермалитов и метасоматитов с уран-сульфидной минерализацией в разрезе. Рудопоявление Фланговое. Составили: Н.А.Гребенкин, Р.Е.Рудаков с использованием материалов ОАО Сосновгео.

1 – четвертичные отложения; 2 – кристаллические сланцы (PR₁); 3 – кристаллические сланцы углеродсодержащие (PR₁); 4 – граниты мелко-среднезернистые (PR₁); 5 – граниты пегматоидные (PR₁); 6 – сиенит-порфиры (MZ); 7 – роговообманковые порфиры (MZ); 8 – ураноносные гидротермально-метасоматические изменения (PR₂); 9 – пирит-карбонат-калишпатовые метасоматиты с золотом (J₂); 10 – кварцевые и гидрослюдисто-пирит-кварц-барит-флюорит-карбонатные изменения с торий-урановой минерализацией (J₂-K₁); 11 – тела с урановой, торий-урановой и ториевой минерализацией; 12 – разрывные нарушения; 13а – скважины; 13б – каналы

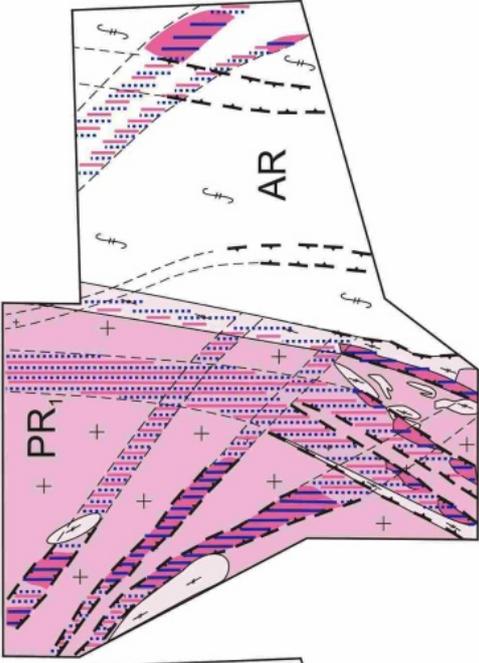
① PR₁ (до 1850 млн. лет)



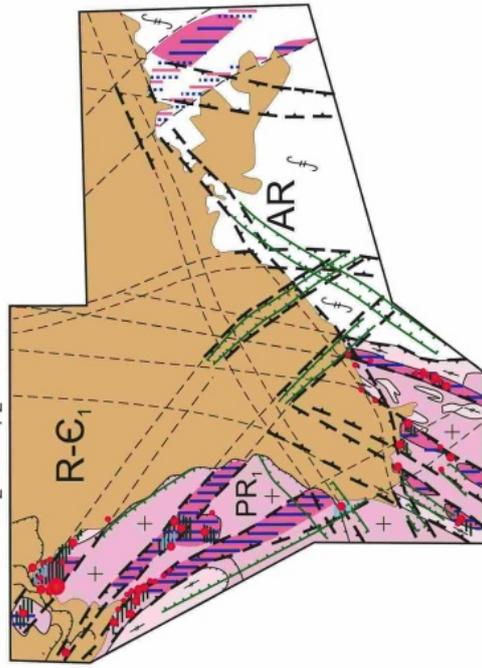
② PR₁ (1850-1750 млн. лет)



③ PR₁ (≈1750 млн. лет)



④ PR₂-PZ₁₋₂



⑤ MZ

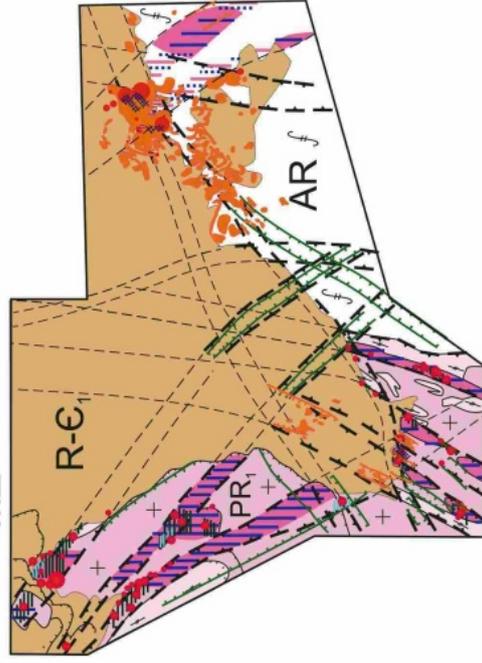


Рис. 8 Историко-геологическая модель накопления урана в результате проявления в Чарском районе рудоподготовительных и рудообразующих процессов эндогенного генезиса.

1 – ультраметаморфические и магматические породы, содержащие $U > 2.6$ г/т (AR); 2 – осадочно-метаморфические отложения зеленосланцевой, эпидот-амфиболитовой, амфиболитовой фаций (PR_1), содержащие $U \approx 4$ г/т; 3 – ультраметаморфические и магматические породы (PR_1), содержащие $U \approx 6-7$ г/т; 4 – биотит-кварц-полевошпатовые метасоматиты (фельдшпатолиды) содержащие $U = 50-200$ г/т (PR_1); 5 – предполагаемые зоны развития фельдшпатолидов с содержаниями U первые сотни г/т; 6 – рифейский осадочно-метаморфический чехол (R_1-C_1); 7 – область проявления даек основного состава (R_{1-3}); 8 – изменения сопровождающие U-P минеральный тип (PR_2); 9 – изменения сопровождающие U-сульфидное оруденение (PR_2); 10 – породы щелочного состава (MZ); 11 – область проявления даек щелочного состава (MZ); 12 – мезозойские золотоносные пирит-карбонат-калишпатовые метасоматиты (гумбеиты); 13 – мезозойские эгирин-калишпатовые изменения (фениты) с ториевой минерализацией; 14 – мезозойские брекчиевые урановорудные гидротермалиты гидрослюда-пирит-кварц-барит-флюорит-карбонатного состава, часто совмещенные с ураноносными кварцевыми грейзенами; 15 – региональные зоны разломов; 16 – предполагаемые региональные зоны разломов; 17 – месторождения урана (а), рудопроявления (б), проявления и отдельные аномалии (в) эндогенного генезиса

На юге района гумбеиты, пирит-карбонат-коффинитовая минерализация, кварцевые метасоматиты и жильные гидротермалиты совмещены пространственно в Жуинской зоне разломов. Их нормирование относительно кристаллических сланцев района показало, что они характеризуются повышенными концентрациями ряда элементов: As (91), U(11.1), Sb(6.1), F(4.6), Pb(3), Th(2.7), Mo(2.7), S(2.5), K_2O (2.2), Se(2.2), W(2.2) и Nb(2.1).

Таким образом, процессы мезозойского рудообразования были связаны с неоднократно проявленной тектонической деятельностью, сопровождавшейся дифференцированным магматизмом во времени и пространстве. На заключительных этапах активизации формировались сперва золотоносные гумбеиты, а спустя определенное время фениты, грейзены и брекчиевые гидротермалиты с ториевой, урановой и торий-урановой минерализациями.

Нами рассмотрены основные черты геологического строения Чарского района в раннепротерозойское, рифейское и мезозойское время, а также детально охарактеризованы в связи с этими этапами разновозрастные ураноносные гидротермально-метасоматические изменения. Эти данные легли в основу историко-геологической модели, которая отражает эволюцию уранового рудообразования в Чарском районе во времени и пространстве (рис. 8).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных исследований позволяют сформулировать следующие выводы:

1. В Чарском районе формирование и преобразование урановых концентраций обусловлено масштабными раннепротерозойскими рудоподготовительными процессами и более локально проявленной эндогенной рудообразующей деятельностью, которая была связана с позднепротерозойской и мезозойской ТМА.

2. Раннепротерозойские рудоподготовительные процессы выразились в виде:

- регионального прогрессивного метаморфизма осадочных пород в условиях зеленосланцевой и амфиболитовой фаций и повышением в них содержания урана в породах в среднем до 4 г/т;

- многофазной гранитизации с возникновением ультраметаморфических и магматических образований и с ростом в каждой новообразованной фазе содержания SiO_2 , K_2O , Th и U, где среднее содержание последнего в заключительную фазу достигло 7 г/т;

- пневмато-гидротермальной деятельности, проявившейся в региональных долгоживущих зонах разломов северо-западного и субмеридионального направлений в виде ураноносных биотит-кварц-полевошпатовых метасоматитов с вкрапленостью уранинита и урансодержащих монацита и ксенотима.

3. Основное значение для рудообразования в Чарском районе принадлежало позднепротерозойским активизационным процессам в виде:

- подновления древних региональных зон разломов, формирования крупных линейных структур северо-восточного направления и складчато-надвиговых дислокаций, сопровождавшихся диафторезом вмещающих пород, в том числе ураноносных фельдшпатолитов;

- полихронного проявления даек преимущественного основного в меньшей степени кислого состава;

- формирования гидротермально-метасоматических изменений кислотного типа – пирит-серицит-кварцевых метасоматитов, являвшихся главными предрудными изменениями уран-фосфорного и уран-сульфидного оруденения, слагающих месторождение урана Чепок, а также рудопроявления Мигматитовое, Бухаровское и другие.

4. Мезозойские рудообразующие процессы характеризовались:

- очередным подновлением региональных тектонических структур и возникновением разломов более высокого порядка;

- многоэтапным становлением различных магматических комплексов пород умереннощелочного и щелочного составов;

- формированием золотоносных пирит-карбонат-калишпатовых метасоматитов и более поздних фенитов, грейзенов и брекчиевых гидротермалитов с ториевой, уран-ториевой и урановой минерализациями,

слагающих месторождение Торгойское, рудопроявления Фланговое, Узловое и др.

5. На основе разработанной для Чарского района историко-геологической модели уранового рудообразования выделены перспективные площади для поисков «слепых» и слабопроявленных месторождений урана позднепротерозойского возраста.

6. По полученным данным южная часть Чарского района (многошовная Жуинская зона разломов) выделена как перспективная на выявление промышленного золотого оруденения мезозойского возраста.

Список опубликованных работ автора по теме диссертации

1. **Гребенкин Н.А.**, Мельников С.И., Авилова О.В., Коноплев А.Д., Сирина Т.Н., Дубинчук В.Т., Зайцев С.У., Лесницкий В.Е., Путилов Б. Особенности геологического строения и перспективы ураноносности Ничатской площади (западное и южное окончание Березовского прогиба, детальные участки работ Новый и Деканда). – Тезисы II международного симпозиума «Уран: ресурсы и производство». М.: ВИМС, 2008. С.37.

2. **Гребенкин Н.А.** Генетическая природа некоторых радиоактивных аномалий, выявленных в 2007 г. по результатам АГФ-съемки в Березовском прогибе и его обрамлении, и рекомендации по направлению дальнейших геологоразведочных работ. – Научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Актуальные проблемы геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых». М.: ВИМС, 2008. С. 63-64.

3. **Гребенкин Н.А.** Характер взаимосвязи пиритовой и урановой минерализации на урановорудных объектах Ничатской площади (Читинская обл.). – Межвузовская научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые – наукам о Земле». М.: РГГРУ, 2008. С. 15.

4. **Гребенкин Н.А.** Экологические аспекты использования цеолитов в связи с поисково-оценочными работами на уран в пределах Ничатской площади. – XI Международная молодежная научная конференция «Полярное сияние 2008. Ядерное будущее: технологии, безопасность и экология». СПб.: 2008. С. 144-145.

5. **Гребенкин Н.А.**, Мельников С.И. Эпохи формирования и типы гидротермально-метасоматических проявлений урана в юго-западной части Березовского прогиба и его обрамления. – Вторая научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Геология, поиски и комплексная оценка твердых полезных ископаемых». М.: ВИМС, 2009. С. 34-35.

6. Бахур А.Е., Коноплев А.Д., Зуев Д.М., Овсянникова Т.М., Стародубов А.В., Мануилова Л.И., Гулынин А.В., **Гребенкин Н.А.**, Донец В.В. Изотопно-почвенный метод и его современные модификации при поисках слепого уранового оруденения // Разведка и охрана недр, 2011, №1. С. 52-59.

7. Мельников С.И., **Гребенкин Н.А.**, Дубинчук В.Т., Сумин Л.В., Чистякова Н.И. Радиоактивная минерализация Ничатской площади (рудно-формационные типы, их размещение, перспективы на обнаружение промышленных скоплений урана) // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов, вып. 156. М.: ВИМС, 2011. С. 105-115.

8. **Гребенкин Н.А.** Минералого-геохимические особенности и последовательность формирования гидротермально-метасоматических урановых концентраций в Чарском районе. – IV научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Геология, поиски и комплексная оценка месторождений твердых полезных ископаемых». М.: ВИМС, 2012. С. 47.

9. **Гребенкин Н.А.** Эволюция гидротермально-метасоматических ураноносных процессов в истории геологического развития Чарского района // Современные проблемы науки и образования, 2013, № 1 (Электронный журнал) – URL: www.science-education.ru/107-8145.

Подписано в печать 14.01.2013 г.
Формат 60×90 1/16. Усл. печ. л. 1,0
Отпечатано на ризографе.
Тираж 100. Заказ № 1

РИС «ВИМС»
119017, г. Москва, Старомонетный пер. дом 31