

На правах рукописи

Долгушин Александр Павлович

**УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ
УРАНОВОГО И ЗОЛОТО-УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ
В ДОКЕМБРИЙСКИХ ФОРМАЦИЯХ
СЕВЕРО-ЕНИСЕЙСКОГО РАЙОНА**

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

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени кандидата
геолого-минералогических наук

Москва, 2009

Работа выполнена в Сибирском научно-исследовательском институте геологии, геофизики и минерального сырья (ФГУП «СНИИГГиМС»)

Научный руководитель – доктор геолого-минералогических наук, профессор
Машковцев Григорий Анатольевич

Официальные оппоненты – доктор геолого-минералогических наук, профессор
Мигута Анатолий Константинович

– кандидат геолого-минералогических наук
Печенкин Владимир Гертрудович

Ведущая организация – ФГУП «ВСЕГЕИ», г. С.-Петербург.

Защита состоится 25 декабря 2009 г. в 11 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, г. Москва, Старомонетный переулок, 31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГУП «ВИМС».

Автореферат разослан « ____ » _____ 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор геолого-минералогических наук

И.А.Бергман

Актуальность. Потребность Российской Федерации в урановом сырье для собственных ядерных реакторов и экспорта урансодержащих материалов составляет 16-17 тыс. т. природного урана в год и с каждым годом растет. При этом имеющееся производство покрывает 20% потребности страны в ядерном топливе, которая компенсируется складскими запасами бывшего СССР, но и они будут израсходованы примерно через 10 лет.

В настоящее время добыча российского урана составляет немногим более 3000 т в год и сосредоточена в Сибири. Востребованными в настоящее время являются месторождения урана в рыхлых отложениях, пригодные для подземного выщелачивания, и аналоги «базовым», уникальным по запасам с высокими содержаниями металла, урановорудным объектам в докембрийских породах Канады и Австралии.

Анализ геолого-структурных, минерагенических факторов на юге Сибири показывает, что одной из перспективных территорий, где возможно выявление месторождений в докембрийских формациях, в обстановках, сходных с Австралийскими и Канадскими регионами, является Северо-Енисейский район, расположенный на юго-западном обрамлении Сибирской платформы.

Выполненные исследования дают возможность обосновать необходимость постановки работ в этом регионе, выделить наиболее перспективные площади, определить характер и методику прогнозно-поисковых, поисково-ревизионных работ, необходимых для успешного выявления месторождений с богатыми рудами в докембрийских формациях.

Цель работы. Выявить закономерности образования и размещения осадочно-метаморфогенного и гидротермально-метасоматического богатого уранового, золото-уранового оруденения в докембрийских формациях Северо-Енисейского района с разработкой геолого-генетических моделей и критериев поиска промышленного оруденения.

Объектом исследований является жильно-штокверковое гидротермально-метасоматическое, осадочно-метаморфогенное урановое и золото-урановое оруденение, особенности его размещения и формирования в северной части Енисейского кряжа.

Основные задачи.

1. Провести геолого-структурное районирование изучаемого региона, выделить основные этапы, обстановки уранового рудообразования на основе анализа истории развития с учетом полученных в последние годы новых данных о геологическом строении территории и сопоставить с ведущими урановорудными докембрийскими регионами мира.

2. Дать геологическую, минералого-геохимическую характеристику уранового, золото-уранового оруденения и вмещающих пород на месторождениях ведущих генетических типов Северо-Енисейского района.

3. Выявить условия локализации уранового и золото-уранового оруденения в Северо-Енисейском районе и определить закономерности его размещения.

4. Разработать геолого-генетические модели образования гидротермально-метасоматических урановых и золото-урановых руд для изучаемого региона.

5. Разработать и обосновать критерии прогноза и поиска осадочно-метаморфогенного и гидротермально-метасоматического уранового, золото-уранового оруденения на Енисейском кряже.

Фактический материал и личный вклад автора. В основу диссертации положен собранный автором фактический материал:

- при выполнении полевых и камеральных прогнозно-геологических работ 1982-85 г.г. в составе, возглавляемой автором, группы ГРП №57 Березовского производственного геологического объединения по изучению ураноносности зон структурно-стратиграфических несогласий (ССН) в бассейне р. Уволга на Енисейском кряже (месторождение Осиновское, рудопроявления Марсаловское, Тейское, Молодежное, Дубовое), с документацией керна скважин, горных выработок, опробованием, геологическими маршрутами, описанием шлифов, составлением карт и разрезов;

- при выполнении полевых ревизионных работ ФГУП СНИИГиМС в бассейне р. Вороговка на севере Енисейского кряжа в 2007-2008 г.г. в составе возглавляемого автором отряда;

- при анализе и обобщении отчетных, архивных материалов выполненных геологических заданий по прогнозно-геологическим, поисковым работам ПГО Березовгеология в северной части Енисейского кряжа.

Автором написаны главы в отчеты о результатах прогнозно-геологических работ по изучению уранового оруденения в докембрийских формациях и опубликовано 11 статей по особенностям локализации золото-уранового оруденения, перспективам поисков новых месторождений в регионе.

Основной метод исследований – геологическое изучение в полевых и камеральных условиях особенностей локализации уранового оруденения: состава, строения ураноносных зон, характера рудной минерализации и вмещающих ее пород, гидротермальных изменений. По фондовым и опубликованным материалам проведен общий геолого-структурный, формационный сравнительный анализ магматических и метаморфических комплексов и определены закономерности размещения и условия формирования золото-урановой минерализации.

Научная новизна.

1. Впервые, после появления новых схем геолого-структурного, геохронологического, формационного районирования северной части Енисейского кряжа (Васильев Н.Ф. Стороженко А.А., 1990; Мкртычян Ф.К., Шерман М.Л., Качевский Л.К, 1998), проведен всесторонний прогнозно-геологический анализ условий формирования уранового и золото-уранового оруденения в этом регионе.

2. В северной части Енисейского кряжа выделены четыре основных геолого-генетических типа уранового оруденения, позволяющие скорректировать направления поисковых работ:

- золото-урановое стратиформное осадочно-метаморфогенное оруденение в зонах ССН (австралийский тип), выявленное в Кутукасской рудной зоне;

- жильно-штокерковое гидротермально-метасоматическое золото-урановое оруденение в вулcano-тектонических структурах, выявленное в Ковригинской и Чернореченской рудных зонах;

- жильно-штокерковое гидротермально-метасоматическое урановое оруденение в бластокатаклазитах глубинных разломов, выявленное в Ногатинско-Вексельной рудной зоне;

- жильно-штокерковое гидротермально-метасоматическое урановое оруденение в зонах ССН (канадский тип), выявленное в Тейско-Марсаловской и Индольской рудных зонах.

3. Сделан вывод о схожести геологического строения и истории развития Северо-Енисейского региона с Северо-Австралийской урановорудной провинцией.

4. На основе анализа материалов полевых работ, детального изучения фондовых и архивных материалов, составлена новая прогнозно-геологическая схема Вороговской площади, позволяющая выдвинуть ее в разряд перспективных площадей для поисков золото-уранового оруденения в северной части Енисейского кряжа.

Практическая значимость

1. Анализ выявленного уранового и золото-уранового оруденения на севере Енисейского кряжа, сопоставление с известными «базовыми» объектами в России и за рубежом, показывает значительное сходство с условиями образования месторождений крупнейших урановорудных провинций Австралии и Канады, локализованных в докембрийских формациях.

2. Изучение особенностей локализации уранового оруденения на объектах Северо-Енисейского района позволило разработать новые прогнозно-поисковые модели оруденения и сформулировать рекомендации по продолжению и размещению поисковых работ, которые будут переданы в профильные производственные организации, работающие на этих территориях.

3. На основе полученных данных обоснованы Предложения на постановку объекта «Поисково-ревизионные работы на уран на Вороговской площади Северо-Енисейского рудного района» в 2010-2012 г.г. Предложения получили положительное экспертное заключение ФГУП ВИМС, рассмотрены Управлением по недропользованию по Красноярскому краю, Управлением геологии твердых полезных ископаемых Федерального агентства по недропользованию (Роснедра) и включены в Перечень объектов на 2010 г.

Апробация работы и публикации. По теме диссертации автор участвовал в составлении 5 производственных отчетов о прогнозно-геологических работах масштаба 1:200000–1:50000 ФГУП Березовгеология в 1983, 1985 г., 2000-2001 гг., (в трех из них автор являлся ответственным

исполнителем) и одного научного ФГУП СНИИГГиМС (2007г.). Автором опубликовано одиннадцать статей по теме диссертации в открытой печати РФ, в т.ч. – одна в материалах международного конгресса в г. Осло (Швейцария).

Основные положения диссертации докладывались на разных совещаниях, конференциях, в том числе на наиболее крупных: Международном Симпозиуме по геологии урана «Уран на рубеже веков», Москва, 2000 г.; Региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-востока России, Томск, 2000 г.; Всероссийском съезде геологов «Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI века», Санкт-Петербург, 2000 г.; Региональной конференции «Геология и минерально-сырьевые ресурсы Центральной Сибири и прилегающих территорий», Красноярск, 2007 г., Международном Симпозиуме «Уран: ресурсы и производство», Москва, 2008 г.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав с 16 подразделами, заключения, списка опубликованных работ и списка литературы. Объем работы составляет 201 лист, 34 иллюстрации и 18 таблиц. Список литературы включает 91 источник.

Введение содержит информацию о актуальности, цели, предмете и объекте исследований. Сформулированы основные задачи, показаны научная новизна выполненной работы, практическая значимость и личный вклад автора, приведена апробация работы. Перечислен использованный фактический материал и сформулированы защищаемые положения.

Глава 1 содержит информацию о геохимии урана и золота в природной среде, описание ведущих промышленных типов урановых месторождений, выявленных в докембрийских формациях в России и за рубежом. В кратком виде приводится описание геологического строения северной части Енисейского кряжа и особенностей размещения уранового и золото-уранового оруденения.

Глава 2 характеризует формационно-петрографические особенности рудовмещающих толщ и основные этапы истории геологического развития региона. В ней раскрыта связь истории геологического развития с основными этапами формирования оруденения.

Глава 3 содержит сведения о геолого-генетических типах урановых и золото-урановых объектах на севере Енисейского кряжа. Подробно охарактеризованы основные четыре геолого-генетических типа уранового оруденения, локализующегося в специфических геолого-структурных обстановках.

Глава 4 характеризует модели формирования и поисковые критерии уранового и золото-уранового оруденения в северной части Енисейского кряжа.

Глава 5 содержит конкретные рекомендации для постановки геологоразведочных работ с учетом полноты, достоверности ранее выполненных и новых прогнозных построений.

Заключение содержит основные выводы по проведенным исследованиям, в том числе вывод о приоритетных геолого-генетических типах уранового и золото-уранового оруденения для Северо-Енисейского региона.

Автор выражает глубокую признательность своему научному руководителю доктору геолого-минералогических наук, профессору Г.А. Машковцеву за поддержку и содержательные консультации по основным проблемам исследований, благодарен к.г.-м.н. А.Д. Коноплеву, д.г.-м.н. Г.Н. Черкасову за помощь и поддержку в работе над материалами диссертации.

Диссертант благодарит главного геолога ФГУГП Урангео Воробьева Е.А., главных геологов СФ Березовгеология Данилова А.А., Серякова В.В., начальника геологического отдела СФ Березовгеология Рубинова И.В. за помощь в сборе материалов и ценные консультации.

Автор благодарит за помощь при совместных исследовательских работах своего коллегу Викторова М.В.

Особую благодарность диссертант выражает генеральному директору ФГУП СНИИГГиМС Ефимову А.С. и заместителю директора Будникову И.В. за поддержку при организации полевых и исследовательских работ.

Защищаемые положения.

1. Основными региональными предпосылками уранового и золото-уранового рудообразования в Северо-Енисейском районе являются: длительное формирование архейско-раннепротерозойских гранито-гнейсовых куполов с последовательным накоплением и дифференциацией урана; проявление позднерифейской тектоно-магматической активизации, сопровождавшейся образованием рудных объектов в разнотипных геолого-структурных обстановках древнего основания и дофанерозойского осадочно-вулканогенного чехла.

Енисейский кряж представляет собой консолидированную в позднем докембрии шовную зону, между крупным архейским кратоном гранит-зеленокаменного состава, охватывающем восточную часть кряжа, и карельско-байкальской складчатой областью на западе. Архейские блоки состоят из высокосиалических гнейсов, гнейсо-гранитов с магматическим протолитом кислого ряда и амфиболитов, представляющих фрагменты частично переработанных зеленокаменных поясов. Архейские породы сопоставляются с хайламинской серией В. Саяна, возраст которых по Rb-Sr методу составляет не менее 3260 млн. лет. На склоны архейских гранитизированных выступов, в области сочленения их с протогеосинклинальными прогибами, налегают раннепротерозойские флишоидные отложения.

В осевой части Центрального антиклинория развиты крупные гранито-гнейсовые купола (Тейский - 1500 км², Кутукасский - 400 км²), в пределах которых архейские породы интенсивно метаморфизованы и гранитизированы с широким проявлением процессов калишпатизации.

В краевых частях крупных купольных структур более молодые рифейские гранитоидные интрузии формируют мелкие купола второго порядка, выделяющиеся в виде выступов в современном рельефе – Итуйский в верховьях р. Уволга, Индольский в верховьях р. Индола и Полярный в среднем течении р. Черная. Вмещающие купола сланцевые толщи архейско-

раннепротерозойских пород в плане и разрезе облекают гранито-гнейсовые ядра, имея преобладающее падение под углом 30-50° к периферии купольной структуры.

Анализ химического состава гнейсов архейского возраста (табл. 1) показывает значительные содержания калия (до 4,3%), натрия (до 5,5 %), при повышенном кремнии (до 62-73 %) и алюминии (12-16 %), что свидетельствует о высокой зрелости толщ, сформированных по магматическим породам кислого ряда с широко развитыми процессами кремне-калиевого метасоматоза и альбитизации. В то же время в архейских толщах присутствуют железо-магнезиальные разности, представленные амфиболитами (табл. 1, ан. 5), создавая резко контрастные геохимические барьеры.

В раннем протерозое в гранито-гнейсовых куполах, при формировании анатектических гранитов гаревского комплекса, продолжались процессы кремнекалиевого метасоматоза с перераспределением (в сторону выноса) магния, железа и привнесом калия. Радиоактивные элементы интенсивно перераспределялись с образованием зон с повышенными (до рудных) содержаниями урана и тория. Большая часть площадных аномалий содержаний урана и тория расположена в области развития зон калишпатизации, обрамляющих области гранитизации.

Таблица 1

Химический состав гнейсов (AR) и гранитов (PR₁) гаревского комплексов

№№ п/п	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	П.п.п.	Сумма
1	71,21	0,33	14,54	0,96	2,36	0,06	0,61	1,47	3,03	4,08	1,98	98,68
2	73,04	0,25	13,97	0,57	1,79	0,04	0,51	1,18	3,32	4,56	1,81	99,23
3	69,26	0,43	15,30	0,60	3,41	0,07	1,01	3,06	4,12	2,44	1,45	99,72
4	60,39	1,22	13,16	1,04	5,92	0,13	4,25	1,22	4,02	1,34	4,60	97,69
5	44,98	2,51	11,49	2,79	11,49	0,25	5,12	7,39	0,54	4,69	7,62	98,25
6	70,20	0,33	16,78	0,52	1,15	0,02	0,33	0,19	4,70	5,00	0,47	99,79
7	66,52	0,24	16,33	0,65	2,48	0,05	0,61	1,44	5,80	5,08	1,17	100,40
8	62,04	0,43	16,99	1,49	3,52	0,09	0,85	2,10	5,30	5,86	1,64	100,36
9	64,47	0,30	16,63	2,85	1,15	0,04	0,38	0,25	4,18	7,61	1,49	99,96

Примечание: 1-4 – гнейсы, 5 – амфиболиты, 6-9 – граниты из гранито-гнейсовых куполов.

В течение более поздней тектоно-магматической активизации, в позднем рифее, в пределах более ранних центров гранитизации, произошло становление интрузий гранитоидов татарско-аяхтинского комплекса, сопровождающихся калишпатизацией и более поздней беризитизацией, в процессе которой происходило окончательное перераспределение урана и других металлов с формированием рудных залежей (табл. 2, 3).

Урановорудные объекты формируются в разных геолого-структурных обстановках и приурочены к унаследованно развивавшимся центрам гранитизации с гранито-гнейсовыми куполами, прорванными телами верхнерифейских гранитов. Урановая минерализация, являющаяся продуктом

наиболее поздних рудосодержащих флюидов, формируется на незначительном удалении от магматического гранитоидного очага, прогревающего вмещающие породы. В Вороговском рудной узле урановорудные зоны удалены от центральной части гранито-гнейсовых куполов на 2-5 км, в Уволжско-Тейском узле - 1-2 км и менее.

Таблица 2

Химический состав гранитов татарско-аяхтинского комплекса (R3) процессов тектоно-магматической активизации

№№ п/п	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	П.п.п.	Сумма
1	76,00	0,26	11,76	1,22	1,28	0,02	0,19	0,27	3,70	4,65	0,60	99,99
2	74,92	0,16	12,50	1,04	1,26	0,02	0,45	0,42	3,90	4,00	0,67	99,45
3	70,20	0,33	16,78	0,52	1,15	0,02	0,33	0,19	4,70	5,00	0,47	99,79
4	66,52	0,24	16,33	0,65	2,48	0,05	0,61	1,44	5,80	5,08	1,17	100,40
5	62,04	0,43	16,99	1,49	3,52	0,09	0,85	2,10	5,30	5,86	1,64	100,36
6	64,47	0,30	16,63	2,85	1,15	0,04	0,38	0,25	4,18	7,61	1,49	99,96

Таблица 3

Содержания урана, тория и калия в породах позднерифейской гранитизации

№№ п/п	Тип породы	Средн. сод. U, г/т	Средн. сод. Th, г/т	Средн. сод. K ₂ O, %	Число проб	Примечание
1	Гнейсы серые	3,5	15,0	2,9	33	р. Уволга
2	Гнейсы розовые	5,2	24,5	3,5	18	р. Уволга
3	Гнейсо-граниты	13,0	20,0	4,5	35	Калишпатизированные, р. Ногата
4	Гнейсы гранитизированные	15,0	19,0	4,0	42	Калишпатизированные, р. Ногата
5	Граниты Ногатинского массива	15,0	25,0	5,2	39	Калишпатсодержащие, р. Ногата
6	Граниты Верхне- Уволжского массива	17,5	32,0	5,1	52	Калишпатсодержащие, р. Уволга
7	Лейкократовые граниты розовые Ногатинского массива	26,0	62,0	5,5	20	Калишпатсодержащие, р. Ногата

В изучаемом районе выявлено два урановорудных узла – Вороговский с месторождениями Олень, Кедровое, Кутукаской рудной зоной и Тейско-Уволжский с месторождением Осиновское, Ногатинско-Вексельной рудной зоной. Урановорудные объекты – месторождения, рудные зоны, рудопроявления, проявления минерализации группируются в протяженные (десятки километров) полосы, обрамляющие центры гранитизации в архейско-раннепротерозойских толщах. Кутукасская рудная зона с осадочно-

метаморфогенным оруденением расположена в северо-восточном борту Кутукасского купола. Рудовмещающие бластомилониты Ногатинско-Вексельной рудной зоны, рудные залежи Марсаловского рудопроявления предрифейской зоны ССН, расположены в восточной части Тейского купола.

Характер архейско-раннепротерозойской минерагии расшифровывается с трудом из-за интенсивности наложенных тектоно-магматических процессов, но представляет значительный интерес для выявления месторождений осадочно-метаморфогенного типа, обладающих наиболее крупными запасами полезных ископаемых в других регионах мира.

2. В Северо-Енисейском районе выделено четыре геолого-генетических типа урановых объектов, локализующихся в специфических геолого-структурных обстановках, в том числе: золото-урановый стратиформный осадочно-метаморфогенный в зонах ССН (австралийский тип) и три жильно-штокверковых гидротермально-метасоматических – золото-урановый в вулканотектонических структурах, урановый в бластокатаклазитах глубинных разломов, урановый в зонах ССН (канадский тип).

Золото-урановый стратиформный осадочно-метаморфогенный в зонах ССН (австралийский) тип оруденения выявлен в Кутукасской рудной зоне. Урановые руды локализованы в базальной части раннепротерозойских углеродсодержащих кварцитов, с несогласием налегающих на интенсивно гранитизированные гнейсы архейского возраста. Наиболее ранняя (1200-1450 млн. лет) урановая минерализация представлена рассеянным крупнокристаллическим (до 5 мм) уранинитом, мелкими выделениями браннерита в альбитизированных, биотитизированных кварцитах. Более поздние (800-900 млн. лет) уранинит-коффинитовые руды локализованы в кварц-мусковит-серицит-хлоритовых метасоматитах березитовой формации. В урановых рудах широко развито урансодержащее органическое вещество типа «тухолит», образующее гнезда размером до 8-10 мм, схожее с уран-углеродистыми скоплениями в рудах южно-африканского месторождения Витватерсранд (ЮАР). Содержания урана в рудных сечениях достигают 0,2 % на 2,2 м, в штуфах, жилах – до первых процентов.

По простиранию Кутукасской рудной зоны, протяженностью около 10 км, наблюдается определенная рудно-метасоматическая зональность. На юго-западе, ближе к центральной части гранито-гнейсового Кутукасского купола, где выведены на поверхность наиболее глубокие части разреза, выявлена рассеянная уранинитовая минерализация в альбититах (рудопроявления Ясное, Июньское). На северо-востоке, в периферийной части купола, где гранито-гнейсы перекрываются верхнерифейскими вулканогенно-осадочными отложениями, развита уранинит-браннеритовая, браннерит-коффинитовая минерализация с золотом (рудопроявление Кутукасское).

Жильно-штокверковый гидротермально-метасоматический золото-урановый в вулканотектонических структурах тип оруденения выявлен в юго-восточном борту Кедрово-Вороговской депрессии на месторождениях

Оленье и Кедровое. Большая часть рудных тел локализуется в участках пересечения пологозалегающих разрывных структур с крутопадающими нарушениями в экзо-эндоконтактах тела кварцевых порфиров. Разрывные нарушения сопровождаются зонами катаклаза, брекчирования, милонитизации мощностью 20-50 м и интенсивных кварц-серицит-хлоритовых изменений березитовой формации мощностью сотни метров.

В кварцевых порфирах мощность тектонически ослабленных минерализованных швов составляет 2-3 м, а в терригенно-эффузивных отложениях она резко возрастает до 12-15 м и в раздувах – до 40 м. Урановые рудные тела, линзообразной субсогласной с вмещающими породами формы, локализуются в пределах послойных тектонических зон в туфопесчаниках, туфоконгломератах ковригинской свиты на выклинивании тел кварцевых порфиров. Мощность ураноносных зон составляет сотни метров при протяженности первые километры, рудных тел - от 0,8 м до 10,3 м, при протяженности десятки метров. Средние содержания урана в рудных телах составляют 0,03 %, наибольшие до - 1,19 % на мощность 0,7 м, в штуфах – до первых процентов. Выделяется два основных типа руд: туфопесчаники, туфоконгломераты с браннеритом и кварцевые порфиры с настуром. По данным спектрального анализа в рудах присутствуют в повышенных количествах – медь (до 0,1 %), свинец (до 0,1 %), цинк (до 0,05 %), мышьяк (0,01-0,05 %), молибден (0,01-0,005 %). В отдельных пробах присутствует золото в количестве до 1-14 г/т.

На Кедровом месторождении урановорудные тела имеют пластообразную форму и залегают на выклинивании туфогравелитового обрамления тела кварцевых порфиров. Урановорудная минерализация локализована в кровле крупных линз песчаников слоистой толщи, перекрытых пластинами порфиритов, игравших роль экранов для рудоносных растворов. Протяженность рудных залежей составляет 100-200 м при ширине 10-20 м и содержании урана 0,04-0,6 %. Урановая минерализация в большинстве случаев представлена тонкодисперсными чернями, реже - микропрожилковыми скоплениями урановой смолки. В зоне окисления широко развита вторичная урановая минерализация (торбернит). Урановые руды содержат повышенные содержания ванадия, цинка, молибдена, меди, свинца, серебра, золота и сопровождаются пиритом, галенитом, халькопиритом, молибденитом. Золото и уран не имеют прямой корреляционной связи друг с другом, участки с наиболее высокими содержаниями этих металлов пространственно разобщены, однако общий набор элементов спутников, единые рудоконтролирующие структуры, позволяют предполагать их участие в разных стадиях одного рудно-метасоматического процесса.

Органическое вещество (графитит), в количестве 10-30 % постоянно присутствует в наиболее богатых урановыми минералами участках породы, образуя гнездовые, линзовидные выделения размером 1-5 мм с многочисленными включениями почек, гнезд настурана. Характер ассоциаций, выделений, сростаний с рудными минералами позволяет предполагать

наложенный гидротермальный генезис графитизации, тесно связанной с рудным процессом.

Возраст урановой минерализации на месторождении по данным изотопно-свинцового анализа составляет около 650 млн. лет в кварцевых порфирах и 700-800 млн. лет в песчаниках, что, вероятно, свидетельствует о более ранних накоплениях урана в осадочных породах.

Урановый тип оруденения в бластокатаклазитах глубинных разломов выявлен в Вексельно-Ногатинской рудной зоне, расположенной в центральной части Тейского гранито-гнейсового купола и локализованной в южном экзоконтакте дугообразно изогнутого Ногатинского тела амфиболитов. Большая часть рудовмещающих зон дробления и трещиноватости имеют послойный характер и расположены в эндоконтактах крупных ксенолитов углеродсодержащих сланцев кварц-полевошпатового состава, заключенных между гнейсо-гранитами и габбро-амфиболитами.

Рудные тела располагаются в области развития мощных (50-150 м) зон объемного дробления на пересечении северо-западных и северо-восточных нарушений. Можно выделить три типа руд: браннеритовые, настуран-коффинитовые и вторичные гидроокислы урана.

Браннеритовые руды представлены небольшими рудными линзами размером 0,5x1,5 м с рассеянной мелкой вкрапленностью браннерита и настурана. Браннерит, предположительно, образован при кварц-полевошпатовом метасоматозе в процессах гранитизации совместно со сфеном, количество которого достигает 3-5 %.

Настуран-коффинитовые руды с галенитом, пиритом в зонах дробления имеют прожилково-гнездовую форму выделений с почковидными агрегатами и составляют основную часть рудной минерализации. Содержания урана в рудных образцах достигает 0,45 %, при содержаниях тория – 0,004 %. Коэффициент радиоактивного равновесия составляет 80-120 %.

Руды сопровождаются интенсивными, развитыми на всю мощность тектонических зон, березитами и железо-магнезиально-карбонатными метасоматитами. Отмечается прямая зависимость увеличения размера рудных тел, содержаний урана с увеличением интенсивности, масштабности проявления дорудных и рудосопровождающих метасоматитов.

Вторичные урановые руды представлены урановой чернью, гидроокислами урана, казолитом, отенитом, урансодержащими титанатами. Урановая минерализация сопровождается гидрослюдами и пелитоморфным карбонатом, лимонитом, каолином. Содержания урана в штуфах из поверхностных горных выработок с вторичной минерализацией и остатками первичного настурана достигают 16,5 %.

По данным рентгено-спектрального анализа абсолютный возраст урановых руд Вексельно-Ногатинской рудной зоны изменяется в пределах 700-900 млн. лет.

На большинстве рудных объектов урановая минерализация локализована в наиболее трещиноватых, брекчированных породах, а наиболее богатые руды

– в открытых трещинах и в породах интенсивно выщелоченных процессами древнего выветривания (реголитах). Осаждение урана из рудоносных растворов, мигрирующих по трещиноватым зонам, происходит в участках резкого падения парциального давления кислорода среди интенсивно подробленных пород с обилием трещин открытого типа. Наличие углеродистых и битуминозных образований в рудовмещающих породах, создает резко восстановительную среду, благоприятную для перехода урана в нерастворимую фазу.

Анализ условий рудолокализации на урановорудных объектах Енисейского кряжа в раннедокембрийских толщах показывает длительность формирования повышенных концентраций урана, начиная с накопления в осадочно-диагенетическую стадию в углеродсодержащих метапелитах или повышенной ураноносности кислых эффузивов и заканчивая процессами рудогенерирующего средне-низкотемпературного метасоматоза. Изотопно-свинцовый метод анализа руд подтверждает длительность процессов рудообразования. Многочисленные датировки возраста урановых руд колеблются от 600 до – 1450 млн. лет.

Изучение закономерностей распределения элементов-спутников показывает, что вместе с ураном в тех же условиях накапливались золото, висмут, медь, цинк. Серебро, молибден, свинец привносились в процессе гидротермальной деятельности.

Урановый в зонах ССН (канадский) тип оруденения выявлен в Тейско-Марсаловской рудной зоне, локализованной в кровле раннепротерозойских углеродсодержащих сланцев кристаллического основания. Сланцы перекрыты чехлом красноцветных рифейских отложений, выполняющих Уволжский грабен.

Вдоль нижней границы красноцветной толщи развиты многочисленные зоны рассланцевания с зеркалами скольжения, линзами дробленых пород. Рудоконтролирующие крутопадающие зоны дробления, согласно залегающие среди нижележащих крупнопадающих раннепротерозойских сланцев, имеют мощность по данным бурения до 50 м, а в перекрывающих конгломератах, песчаниках, сменяются широкими ореолами интенсивной трещиноватости. Ураноносные зоны на рудопроявлении, локализуясь вдоль крутопадающих тектонических швов в кристаллическом основании, распространяются в породы вышезалегающего рифейского чехла не более 20-30 м.

Наблюдается резкое увеличение объема подробленных и минерализованных пород вблизи границы налегания красноцветного рифейского чехла на породы фундамента, в участках примыкания к ней крутопадающих тектонических швов. В плане раздвиг объемного дробления разной интенсивности образует единое тело мощностью 50-70м, шириной около 250 м и протяженностью более 1 км, в пределах которого локализуются отдельные слепые рудные тела с содержаниями урана от сотых до 0,3 %.

Урановая минерализация в рудных интервалах представлена прожилками, гнездами настурана и коффинита с высокими содержаниями свинца (0,2%),

меди (0,1%), цинка (0,3%), висмута (0,01%), ванадия (0,01%), мышьяка (0,03%), при низких (тысячные доли процента) содержаниях тория. С урановой минерализацией ассоциируют галенит, сфалерит, пирротин и органическое вещество, с которым настуран образует тесные сростания. Рассчитанный возраст уранового оруденения по данным свинцово-изотопного метода составляет от 680-820 млн. лет до 1350 млн. лет.

3. Наиболее общими факторами формирования и условиями локализации уранового оруденения являются: приуроченность к участкам сочленения гранито-гнейсовых куполов и приразломных впадин в пределах зоны, тяготеющей к префрифейскому структурно-стратиграфическому несогласию; телескопированное проявление кремне-калиевого и железо-магнезиально-калиевого метасоматоза с рудными концентрациями золота, меди, свинца и др. элементов; полихронный, многостадийный процесс рудообразования в обстановках контрастного чередования пород с резко различными физико-механическими свойствами. Для каждого геолого-генетического типа оруденения разработан комплекс геолого-структурных, минералого-геохимических и других критериев рудоносности, на основании проявленности которых определены перспективы выявления новых объектов.

Для успешного поиска месторождений урана необходимо иметь четко сформулированные и обоснованные критерии поиска, что подразумевает понимание условий формирования руд и создание геолого-генетической модели.

По мнению ведущих специалистов ВИМСа Машковцева Г.А., Толкачева А.Е., Чеснокова Л.В., Костикова А.Т., Пахомова М.И. «под прогнозно-геологической моделью урановорудных полей и месторождений понимается совокупность (система) взаимосвязанных критериев и признаков, проявление которых обусловлено эндогенными рудоподготовительными, рудообразующими и разнообразными рудопреобразующими процессами, развивающимися в типовых геолого-структурных и физико-геологических обстановках».

Анализ геологического строения ведущих докембрийских урановорудных провинций показывает приуроченность рудных районов к областям с двух или трехэтажным строением, где на кратонизированном фундаменте с резким угловым, стратиграфическим несогласием и перерывом в осадконакоплении залегают отложения платформенного или субплатформенного чехла. Как правило, фундамент представлен архейскими, архей-раннепротерозойскими гранитизированными образованиями с широким развитием гранито-гнейсовых куполов. Отложения чехла формировались на зрелом консолидированном основании во время платформенного или субплатформенного этапа развития и имеют рифейский возраст. Процессы накопления урана и золота в благоприятных структурах, горизонтах горных пород протекали в течение всего протерозойского периода, а формирование оруденения связано с тектоно-магматической активизацией на начальной стадии платформенного развития. В

пострудное время какой-либо существенной магматической деятельности не происходило, что обуславливает сохранность руд, сформированных в докембрийский период. По такой схеме формировались богатейшие по запасам месторождения урана Австралии, Канады, Южной Африки и Бразилии.

Сравнительный анализ геологического строения, истории развития и рудоносности Северо-Енисейского региона показывает его принципиальное сходство с ведущими урановорудными провинциями, но в то же время имеющего свои специфические особенности. По результатам проведенных исследований намечена следующая эволюционно-геологическая модель формирования рудоносных структур и уранового оруденения.

1. Структурно-геологическая позиция.

В строении района выделяются три структурных этажа: нижний - архейское основание, переработанное и гранитизированное в раннем протерозое; средний – раннепротерозойские геосинклинальные складчатые комплексы с углеродсодержащими породами и верхний – рифейские пестроцветные отложения субплатформенного чехла, палеозойско-мезозойские отложения платформенного чехла. Рифейские толщи выполняют наложенные крупные прогибы и вулканотектонические депрессии, перекрывая с угловым несогласием и перерывом в осадконакоплении, архейско-раннепротерозойское основание.

Урановое и золото-урановое оруденение локализовано в тектонометасоматических зонах, обрамляющих крупные архейские выступы с гранито-гнейсовыми куполами. Рудовмещающими являются базальные горизонты перекрывающих толщ раннепротерозойского и верхнерифейского возраста, залегающие на ранее кратонизированных комплексах с резким угловым несогласием и перерывом в осадконакоплении.

2. Тектоно-магматические и флюидно-метасоматические преобразования.

Все месторождения и рудопроявления урана Енисейского кряжа приурочены к зонам Центрально-Енисейского и Приенисейского глубинных долгоживущих разломов. По глубинным разломам в периоды тектонического растяжения блоков земной коры в раннем протерозое закладывались подвижные линейные прогибы с активным вулканогенно-терригенным осадконакоплением большой мощности. Консолидация этих структур в периоды орогенеза (коллизии) сопровождалась смятием осадков в складки, метаморфизмом и ремобилизацией металлов, накопленных в осадочных породах.

На Енисейском кряже проявилось два основных этапа складчатости, сопровождавшихся становлением гранитоидных комплексов, обогащенных радиоактивными элементами: карельская - в раннем протерозое и байкальская - в позднепротерозойский (рифейский) период.

В процессе геологического развития, от раннего к позднему протерозою, происходило последовательное накопление радиоактивных элементов в продуктах магматической деятельности кислого ряда, за счет увеличения зрелости континентальной коры в этом регионе. В субплатформенный позднерифейский этап вертикальные блоковые движения на Енисейском кряже

преобладали над горизонтальными, и глубина заложения разломов тектоно-магматической активизации достигала 100-200 км. Тектоническая активность сопровождалась интенсивным щелочно-гранитоидным магматизмом и средне-кислым вулканизмом калиево-натриевой щелочной ветви. При этом консолидированные линейные прогибы преобразовались в систему грабенов и горстов, а флюиды гранитных интрузий сформировали широкие ореолы кремний-калиевого, железо-магниевого метасоматоза, сопровождавшегося рудной минерализацией золота, урана, меди, полиметаллов, серебра.

Именно в позднерифейский период (900-700 млн. лет), произошло формирование основной массы уранового оруденения Вороговского и Уволжско-Тейского рудных узлов. В позднерифейско-вендский период, после крупной тектонической перестройки позднебайкальского орогенеза и значительного размыва, Северо-Енисейский регион присоединился к Сибирской платформе и в последствии развивался в платформенном режиме.

Герцинская тектоно-магматическая активизация проявилась на краях лишь становлением мелких щелочных нефелиновых комплексов и трапповых образований.

Длительная стабилизация региона в послерудный период в фанерозойское время позволила сохранить сформированное в докембрии оруденение, а продолжительная воздымание - вывести рудные тела на уровень современного эрозионного среза.

Анализ общих факторов формирования и условий локализации уранового оруденения позволяет сформулировать критерии поиска уранового и золото-уранового оруденения в северной части Енисейского кряжа (табл. 4).

По комплексу и объему выполненных работ все рудные зоны подготовлены для постановки поисковых и поисково-оценочных исследований. Проявленность многочисленных прямых и косвенных признаков оруденения на оцениваемых площадях, позволяет надеяться на выявление крупных промышленных уран-золотосодержащих и урановорудных объектов при постановке более детальных горно-буровых работ с полным комплексом геолого-геофизических и геохимических опережающих исследований.

По результатам анализа полноты и детальности ранее проведенных работ и перспектив дальнейших поисков урановых объектов с богатыми рудами, выделены следующие участки, рекомендуемые для постановки поисковых работ.

Участки первой очереди:

- Кутукасско-Чернореченская зона с рудопроявлениями Кутукасское, Ясное, Июньское, Полярное;

- Осиновское месторождение и Ногатинско-Вексельная рудная зона с рудопроявлениями Итуйское, Ногатинское, Вексельное;

Участки второй очереди:

- Ковригинская рудная зона с месторождениями Оленье, Кедровое, рудопроявлением Долинное;

- Тейско-Марсаловская рудная зона с рудопроявлениями Тейское, Марсаловское.

Критерии поиска уранового и золото-уранового оруденения в северной части Енисейского кряжа

Критерии	Геолого-генетические типы			
	Золото-урановое стратиформное осадочно-метаморфогенное оруденение в зонах докембрийских ССН (австралийский тип), выявленное в Кутукасской рудной зоне.	Жильно-штокверковое гидротермально-метасоматическое золото-урановое оруденение в вулcano-тектонических структурах, выявленное в Ковригинской и Чернореченской рудных зонах	Жильно-штокверковое гидротермально-метасоматическое урановое оруденение в бластокатаклазитах глубинных разломов, выявленное в Ногатинско-Вексельной рудной зоне.	Жильно-штокверковое гидротермально-метасоматическое урановое оруденение в зонах докембрийских ССН (канадский тип), выявленное в Тейско-Марсаловской и Индольской рудных зонах
1	2	3	4	5
Геотектонические	Краевые части древних платформ на стыке с областями карело-байкальской складчатости.	Краевые части древних платформ с вулcano-тектоническими структурами.	Кратонизированные области байкальской складчатости.	Кратонизированные области байкальской складчатости с наложенными рифейскими прогибами.
Формационные	Терригенно-карбонатно-вулканогенные формации наложенных раннепротерозойских прогибов вблизи выступов архейского кристаллического основания.	Континентальные вулканогенно-терригенные формации с щелочно-кислыми вулканитами и красноцветно-пестроцветной молассой вулcano-тектонических депрессий.	Мигматит-гранитоидные формации выступов архейского кристаллического основания с блоками, ксенолитами раннепротерозойских сланцев.	Карбонатно-терригенные черносланцевые формации фундамента, перекрытые терригенно-карбонатной молассой субплатформенных чехлов.
Структурно-тектонические	1. Приуроченность к краевым частям выступов архейского кристаллического основания с гранито-гнейсовыми куполами. 2. Локализация в раннепротерозойских осадочно-вулканогенных геосиклиналиных толщах. 3. Локализация на участках резкого изгиба бластомилонитовых швов, в крупнообъемных зонах дробления. 4. Приуроченность к границе выклинивания субплатформенного рифейского чехла.	1. Прибортовые части вулcano-тектонических депрессий рифейского возраста. 2. Участки развития вулканических аппаратов центрального типа с телами кварцевых порфиров. 3. Пересечение крупных линейных тектонических нарушений с дугообразными разломами кальдер депрессий с широким развитием зон объемной трещиноватости и дробления. 4. Локализация в переслаивающейся толще туфов, лав и грубозернистых осадочных пород в нижней части вулканогенной толщи.	1. Центральные части выступов архейского кристаллического основания с гранито-гнейсовыми куполами. 2. Участки развития валов и куполов второго порядка. 3. Узлы пересечения глубинных разломов с развитием брекчий обрушения в связи с проседанием кровли гранито-гнейсовых куполов. 3. Локализация в ксенолитах сланцев, амфиболитов среди гранитов. 4. Приуроченность к границе выклинивания субплатформенного рифейского чехла.	1. Участки депрессионных структур, наложенных на склоны гранито-гнейсовых куполов. 2. Узлы пересечения крупных линейных тектонических нарушений с более молодыми надвиговыми структурами. 3. Локализация оруденения в структурах объемного катаклаза и брекчий обрушения. 4. Локализация оруденения в «головах» окисленных углеродистых пластов, выходящих под поверхность верхнерифейского чехла.

1	2	3	4	5
Петролого-литологические	1. Локализация в углеродсодержащих кварцитах, метагравелитах, углеродистых сланцах.	1. Локализация в пестроцветных туфах, эффузивах и субвулканитах щелочно-кислого состава.	1. Локализация в углеродсодержащих ставролитсодержащих сланцах, амфиболитах.	1. Локализация в сланцах фундамента и отложениях осадочного чехла.
Минералого-геохимические	1. Протяженные (1-3 км) ореолы повышенных содержаний урана, меди, цинка, локальные – свинца, висмута, серебра, золота. 2. Рудные концентрации: урана, золота, цинка, висмута.	1. Многочисленные мелкие ореолы повышенных содержаний урана, золота, меди, цинка, локальные – молибдена, свинца, титана. 2. Рудные концентрации: урана, золота.	1. Крупные площадные (2-3 км ²) ореолы повышенных содержаний урана, меди, цинка, локальные – свинца. 2. Рудные концентрации урана.	1. Крупные ореолы повышенных содержаний урана, меди, цинка, локальные - свинца, висмута, мышьяка, ванадия. 2. Рудные концентрации: урана, золота.
Метасоматические	Ранний кремниево-калиевый метасоматоз и рудосопровождающий карбонатно-железо-магнезиальный метасоматоз (интенсивная хлоритизация, биотитизация, флогопитизация, сульфидизация)	Дорудная калишпатизация. Рудосопровождающие березитизация, аргиллизация с большим количеством сульфидов, гематита, органического вещества.	Дорудные гумбеиты ортоклаз-кварц-хлорит-карбонатного с пиритом состава. Рудосопровождающие березиты кварц-хлорит-серицит-карбонатного состава с сульфидами.	В породах фундамента железо-магнезиально-карбонатные метасоматиты, в песчано-гравийных отложениях чехла – интенсивное окварцевание, окремнение, березитизация, аргиллизация с галенитом, сфалеритом, пирротином и органическим веществом.
Гидрогеологические	Многочисленные локальные аномалии повышенных содержаний урана, радона в воде группирующиеся в протяженные (1-3 км) зоны.	Локальные аномалии повышенных содержаний урана, радона в воде (мочажины, мелкие источники).	Локальные аномалии повышенных содержаний урана и радона в воде (мочажины, мелкие источники), группирующиеся в площадные ореолы.	Локальные аномалии повышенных содержаний урана и радона в воде (мочажины, мелкие источники).
Геохронологические	Длительность времени формирования. Возраст уранового оруденения варьирует от 920 до 1450 млн. лет.	Возраст оруденения 700-900 млн. лет.	Возраст оруденения 600-800 млн. лет.	Длительность времени формирования. Возраст оруденения варьирует от 680-820 до 1350 млн. лет.

Рекомендуется выполнить следующий комплекс геолого-геофизических исследований для поисков промышленных урановых месторождений в Северо-Енисейском рудном районе и последовательность проведения работ:

- аэрогеофизические исследования масштаба 1:10000-5000 на перспективных площадях в комплексе: аэромагниторазведка, аэрогаммаспектрометрия и аэроэлектроразведка, с целью выделения рудовмещающих структур.

- наземные электроразведочные работы масштаба 1:10 000-2 000 методом ВП и М-ЗСБ с разбраковкой аномалий вызванной поляризуемости и сопротивления, наземные маршрутные ревизионные исследования с литогеохимическими поисками с целью локализации рудоносных зон;

- геохимические и гидрогеологические поиски масштаба 1:10 000 в пределах выделенных ураноносных зон;

- горные работы на рудоперспективных участках с выявленными рудными концентрациями урана, золота и поиски бурением с проходкой заверочных картировочных и поисковых скважин в профилях вкрест рудовмещающих структур через 300-400 м с шагом в профиле 50-100 м.

Заключение

При выполнении диссертационной работы проанализирован большой объем архивных материалов, выполнены в разные годы (1982-2007г.г.) детальные полевые исследования с изучением керна скважин, полотна канав, делювиальных обломков и коренных обнажений. Статистически обработаны результаты анализов пород и руд, уточнены прогнозно-геологические карты, построены геологические разрезы по буровым профилям. Проведены дополнительные виды анализов и петрографо-минералогическое изучение шлифов, аншлифов, образцов.

Выполненный анализ геологического строения, истории развития северной части Енисейского кряжа и особенностей металлогении урана и золота в регионе, позволил выделить новые геолого-генетические типы уранового оруденения и провести переоценку перспектив выявления промышленных объектов.

Основные выводы, полученные при диссертационных исследованиях, можно сформулировать следующим образом:

1. Енисейский кряж, являясь выступом фундамента крупной Сибирской платформы, находится в зоне глубинных разломов, ограничивающих платформу и оказавших существенное влияние на геологическую ситуацию в регионе. Широкое развитие бластокатаклизитов и интенсивность процессов динамометаморфизма практически затушевывают элементы древней, архейско-раннепротерозойской металлогении.

2. Наибольшие перспективы выявления крупных урановорудных объектов на Енисейском кряже связаны с докембрийскими формациями.

3. Уникальность геологической истории развития Енисейского кряжа как краевой части Сибирской платформы, подвергшейся байкальской орогении,

определила своеобразие проявленных геолого-генетических типов уранового оруденения.

4. Все выявленные рудные объекты по целому ряду признаков – геологическому строению, характеру руд и околорудных метасоматитов, возрасту оруденения близки к известным месторождениям урана типа «несогласия» Канады и Австралии, вмещающим уникальные по запасам и качеству руды в архейско-раннепротерозойских толщах.

5. В Северо-Енисейском районе выделено четыре геолого-генетических типа урановых объектов: золото-урановый стратиформный осадочно-метаморфогенный в зонах ССН (австралийский тип) и три жильно-штокверковых гидротермально-метасоматических – золото-урановый в вулканотектонических структурах, урановый в бластокатаклазитах глубинных разломов, урановый в зонах ССН (канадский тип).

6. Вся выявленная урановая минерализация пространственно расположена в полосе выклинивания рифейского чехла, с несогласием перекрывающего архейско-раннепротерозойское кристаллическое основание. Рудные тела локализованы при этом как в породах фундамента, так и в отложениях перекрывающего чехла.

7. Слабая горно-буровая изученность, ограниченная участками проявления рудной минерализации, и значительная протяженность, размах и высокая продуктивность выявленных рудных зон, указывают на необходимость продолжения поисковых работ в регионе с целью поиска промышленных месторождений урана с богатыми рудами в докембрийских формациях района.

Список научных трудов по теме диссертации

1. Долгушин А.П. Геолого-геохимические особенности уранового оруденения в линейной коре выветривания зоны структурно-стратиграфического несогласия // Геология и геохимия урановорудных провинций Сибири. – Новосибирск, 1987. – Вып. 5. – С. 137-140.
2. Долгушин А.П., Жукова Е.А. Типы окolorудных метасоматитов и связь их с масштабностью оруденения в пределах урановорудных блоков (на примере объектов, оцениваемых ПГО Березовгеология в Восточном Саяне) // Материалы по геологии урановых месторождений. – М.: ВИМС, 1987. – Вып. 108. – С. 77-81.
3. Долгушин А.П., Задорин Л.И., Рубинов И.М., Молокоедов А.М. Возможность выявления месторождений урана в зонах структурно-стратиграфических несогласий в Западной и Средней Сибири // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. – М.: ВИМС, 2000. – Вып. – 141. – С. 17-19.
4. Долгушин А.П., Кочкин Г.Б., Румянцев Н.Н. Месторождения типа несогласия на Енисейском кряже // Материалы Всероссийского съезда геологов "Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI века". – Санкт-Петербург, 2000. – С. 45-46.
5. Долгушин А.П., Молокоедов А.М. Урановое оруденение "типа несогласия" в докембрийских образованиях севера Енисейского Кряжа // Материалы региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока России. – Томск: ТГПУ, 2000. – С. 25-27.
6. Долгушин А.П., Румянцев Н.Н. Урановое оруденение "типа несогласия" на западе Сибирской платформы (Енисейский кряж и Восточный Саян) // Уран на рубеже веков: природные ресурсы, производство, потребление (тр. Международного Симпозиума по геологии урана). – М.: ВИМС, 2000. – С. 45-47.
7. Долгушин А.П., Кочкин Г.Б., Румянцев Н.Н. Месторождения "типа несогласия" на Енисейском кряже // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. – М.: ВИМС, 2001. – Вып. 143. – С. 52-61.
8. Долгушин А.П., Черкасов Г.Н. Перспективы выявления богатого уранового и золото-уранового оруденения в Северо-Енисейском и Восточно-Саянском регионах // Материалы научно-практической конференции: Геология и минерально-сырьевые ресурсы Центральной Сибири и прилегающих территорий. – Красноярск: ОАО Красноярскгеолсъемка, 2007. – С. 239-245.
9. Долгушин А.П., Рубинов И.М. Северо-Енисейский урановорудный район // Тезисы второго Международного Симпозиума «Уран: ресурсы и производство». – Москва, 2008. – С. 138-145.
10. Долгушин А.П. Золото-урановое оруденение на Вороговской площади в раннепротерозойских формациях северной части Енисейского кряжа // Разведка и охрана недр. – 2009. – № 11. – С. 77-81.
11. G.N. Cherkasov, A.P. Dolgushin. Peculiarities in the formation uranium deposits «unconformity» type in folded regions of Southern Siberia // The 33rd International Geological Congress, Oslo, 2008. – С. 112-113.

Подписано в печать 30.10.2009 г.
Формат 60×90 1/16. Усл. печ. л. 1,1
Отпечатано на ризографе.
Тираж 100. Заказ № 61

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