

На правах рукописи

Миронов Юрий Борисович

МЕТАЛЛОГЕНИЯ УРАНА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ
ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО ПОДВИЖНОГО ПОЯСА

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора геолого-минералогических наук

Санкт-Петербург – 2009

Работа выполнена в Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ФГУП «ВСЕГЕИ»).

Научный консультант

доктор геолого-минералогических наук, профессор
Ю. М. Шувалов

Официальные оппоненты

доктор геолого-минералогических наук, профессор
Богданов Юрий Вячеславович (ВСЕГЕИ)

доктор геолого-минералогических наук, профессор
Машковцев Григорий Анатольевич (ВИМС)

доктор геолого-минералогических наук
Пельменев Михаил Денисович (ОАО «Сосновгео»)

Ведущая организация

Федеральное государственное унитарное геологическое
предприятие «Урангеологоразведка»

Защита состоится 1 декабря 2009 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 216.001.01 Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского по адресу: 199106, г. Санкт-Петербург, В.О., Средний пр., д. 74.

С диссертацией можно ознакомиться во Всероссийской геологической библиотеке ВСЕГЕИ.

Отзывы на автореферат просьба высылать в двух экземплярах, заверенных печатью, по адресу: 199106, Санкт-Петербург, В.О., Средний проспект, дом 74, Ученому секретарю диссертационного совета

Автореферат разослан 20 октября 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор геолого-минералогических наук

/Бродская Р. Л./

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Мировая атомная энергетика в течение последних 15 лет развивается ускоренными темпами. Долгосрочные перспективы мирного использования атома в XXI веке, нацеленные на удовлетворение постоянно растущих потребностей человека, максимально сконцентрированы в странах Центральной и Восточной Азии [Uranium, 2007]. В восточной части Центрально-Азиатского подвижного пояса (ЦАПП) расположены основные урановорудные районы России, Монголии и Северного Китая с промышленными месторождениями. В Забайкалье более 40 лет ведется добыча урана на объектах Стрельцовского рудного узла, строятся новые урановые рудники. Монголия, обладающая значительными разведанными запасами и прогнозными ресурсами, в ближайшее время может стать одним из реальных экспортеров природного урана. Ее географическое положение и высокий минерально-сырьевой потенциал представляют несомненный экономический интерес для России, решающей задачи выхода на новые рынки и реализации эффективных проектов по геологоразведке и добыче урана в зарубежных странах в экономически благоприятных условиях [Тарханов, Шаталов, 2008]. Китай, имеющий общие границы с Россией и Монголией, интенсивно развивает атомную энергетiku и обеспечивает АЭС как собственным ураном, так и сырьем совместных предприятий в Казахстане, Узбекистане и Монголии. Недра этих государств далеко не исчерпаны и слабо изучены, что дает основание рассчитывать на выявление новых месторождений урана в странах ЦАПП.

Этими факторами обусловлены актуальность, цель, задачи и содержание диссертации.

Цель исследований — выяснение главных пространственно-временных закономерностей размещения уранового оруденения и комплексная оценка минерально-сырьевого потенциала урана восточной части ЦАПП.

Основные задачи:

— анализ геотектонической позиции и истории формирования блоков земной коры Центральной Азии, выделение основных урановорудных эпох и урановорудных формаций, изучение закономерностей распределения радиоактивных элементов в геологических образованиях и создание основы концепции металлогенического районирования на уран восточной части ЦАПП;

— выявление закономерностей размещения и условий локализации уранового оруденения на основе изучения эндогенных и экзогенных месторождений, анализ рудообразующих систем различного иерархического уровня, определение комплекса критериев прогноза, предпосылок и поисковых признаков промышленных объектов;

— разработка принципов прогноза и металлогенического на уран районирования территории с выделением и характеристикой урановорудных провинций, зон, областей, районов и узлов, определение перспектив выявления урановых месторождений главных геолого-промышленных типов и направлений развития геологоразведочных работ в восточной части ЦАПП;

– создание методических основ и принципов комплексной оценки минерально-сырьевого потенциала урана, включающей количественную оценку запасов и ресурсов и денежную оценку их стоимости в недрах;
– сравнительная характеристика минерально-сырьевого потенциала урана России, Монголии, Китая и других стран Азии.

Фактический материал. В основу диссертации положены результаты личных исследований автора, полученные в процессе геологоразведочных работ на уран на территории России и Монголии (1974–1994), данные научно-исследовательских работ по договорам с иностранными компаниями (1995–2008), а также многолетний опыт автора по изучению металлогении и геологии урановых месторождений России, Монголии, Китая и других стран. Полигонами полевых исследований являлись урановые, флюоритовые, молибденовые месторождения ЦАПП. Работы проводились в тесном контакте со специалистами «Сосновгеологии», ВНИИ «Зарубежгеология», Международной экспедиции стран СЭВ, предприятиями ИГРУ «Геологоразведка» Мингео СССР, научными организациями (ВСЕГЕИ, ВИМС, ВИРГ, ИГЕМ РАН) и сотрудниками Геологической службы Монголии.

Методы исследований. В диссертации использованы теоретические основы и методы регионального и отраслевого металлогенического анализа. Рудно-формационный анализ урановых месторождений выполнен с учетом методических рекомендаций по прогнозированию и составлению прогнозно-металлогенических карт и результатов геологоразведочных работ. В разработке основы металлогенического районирования использованы методы террейнового анализа и палеогеодинамических реконструкций [Badarch et al., 2002; Tomurtogoo et al., 2000]. Крупномасштабные прогнозные на уран карты создавались по специальной методике, разработанной под руководством автора специалистами геологического объединения (ГО) «Совгео в МНР» совместно с НИИ. Комплексная оценка минерально-сырьевого потенциала урана осуществлена с использованием оригинальных методик и учетом требований МАГА-ТЭ, Министерства природных ресурсов и экологии РФ и Геологического департамента полезных ископаемых и нефти Монголии.

Научная новизна. Впервые рассмотрена металлогения урана восточной части ЦАПП с использованием концепции тектоники плит. Установлена связь процессов миграции и концентрации урана с определенными геотектоническими режимами и типами структур. Выявлены закономерности размещения промышленного эндогенного и экзогенного уранового оруденения; показано, что урановое оруденение является естественным звеном эволюции рудообразующих систем, функционировавших в разное время в конкретных геологических условиях. Выполнен сравнительный анализ закономерностей размещения промышленных урановорудных объектов в восточной части ЦАПП.

Практическое значение. Установлена совокупность благоприятных факторов, обуславливающих пространственно-временное размещение уранового оруденения. Определены геолого-промышленные и перспективные типы урановых месторождений. На основе разработанного комплекса благоприятных предпосылок и поисковых признаков выделены урановорудные районы и узлы для дальнейшего изучения. Проведена

комплексная оценка минерально-сырьевого потенциала урана, позволяющая наметить пути его использования с учетом экономических и политических интересов России. Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечиваются огромным фактическим материалом, применяемой методологией, используемыми методами и практическими результатами – открытием новых месторождений.

Апробация результатов и публикации. Результаты исследований и основные выводы докладывались и обсуждались на XXIX и XXXIII сессиях Международного геологического конгресса (Киото, 1992; Осло 2008), на заседаниях МАГАТЭ – IAEA (Вена, 1993, 1995) и Международной ассоциации по генезису рудных месторождений – IAGOD (Москва, 2006; Дублин, 2007), на семинарах Всекитайской ядерной корпорации (Шэньян, 1991, 1992; Гуанчжоу, 1992), в Пекинском НИИ урановой геологии (1992, 2004), в разные годы на 14 международных симпозиумах, конференциях, форумах, а также на заседаниях секции прогнозно-минералогических работ ВСЕГЕИ, НТС ГО «Совгео в МНР», ГПП «Сосновгеология», компаний КАМЕКО – Монголия, Кожегоби и КОЖЕМА (2005, 2007).

Научные положения диссертации и результаты исследований опубликованы в 96 статьях и изложены в 46 научно-производственных отчетах. Разработанные с участием автора изобретения использованы в практике работ на уран. Оригинальные данные по геологии урановых, полиметаллических и флюоритовых месторождений отражены в монографиях автора «Уран Монголии» (2003, 2006), «Uranium of Mongolia» (2006), коллективных монографиях «Промышленные месторождения МНР» (1991) и «Урановые месторождения Монголии» (СПб., 2009, в печати).

Реализация разработок. На основе прогнозных построений и при личном участии автора в Забайкалье и Монголии открыты месторождения урана Ланское, Югал, Нэмэр, флюоритовое, молибденовое и уранугольное месторождения, выявлены флюидно-эксплозивная структура с полиметаллическим оруденением, новые рудные залежи на флангах известных урановых месторождений. Результаты исследований использованы в соответствующих разделах «Генеральной схемы развития минерально-сырьевой базы МНР до 2000 года», государственных и целевых программ. Разработанные и апробированные приемы прогнозирования и комплексной оценки включены в методические руководства по крупномасштабному прогнозированию (ВСЕГЕИ, 1989) и оценке прогнозных ресурсов урана (ВИМС, 2004).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Общий объем работы 384 стр., 69 рис., 39 табл. Работа выполнялась в БФ «Сосновгеология» ФГУПП «Урангеологоразведка», ГОУ «Иркутский государственный технический университет» во время обучения в докторантуре по специальности 25.00.11 «Геология, поиски и разведка твердых полезных ископаемых, минерагения» в 2002–2005 гг. Диссертация завершена в отделе геологии урановых месторождений и радиоэкологии ФГУП «ВСЕГЕИ».

Благодарности. В процессе работы автором получены ценные советы и рекомендации от специалистов ВСЕГЕИ, филиалов «Урангеологоразведка», ВИМС, ВИРГ и Монгольской геологической службы. Автор вы-

ражает благодарность А.М. Афанасьеву, В.Е. Бойцову, А.В. Булычеву, Е.Б. Высокоостровской, Г.В. Грушевому, О. Гэрээл, Л.П. Ишуковой, А.М. Карпунину, В.Я. Киселеву, В.Ф. Литвинцеву, Г.А. Машковцеву, С.С. Наумову, В.К. Овсову, М.Д. Пельменеву, И.Г. Печенкину, Э.М. Пинскому, В.Г. Попову, А.А. Пуговкину, В.П. Роговой, Д.А. Самовичу, Н.С. Соловьеву, В.З. Фуксу, М.Г. Харламову, О. Чуулуну, Г.А. Шаткову, В.В. Шатову, В.А. Шлейдеру, Г.М. Шору, М.В. Шумилину, И.А. Юрченко, а также Е.А. Арсентьевой и Г.А. Коршуновой за большую техническую помощь в оформлении диссертации. Искреннее спасибо профессору, доктору г.-м. наук Ю.В. Богданову и канд. г.-м. наук С.В. Бузовкину за поддержку в подготовке работы.

Особая сердечная признательность моему наставнику доктору г.-м. наук, профессору Юрию Михайловичу Шувалову, с которым на протяжении более 25 лет обсуждали и решали многие принципиальные вопросы геологии и металлогении урана.

Состояние вопроса

Общая геологическая изученность восточной части ЦАПП крайне неравномерна. В Забайкалье по результатам работ созданы современные геологические основы различных по масштабам и содержанию карт, открыты различные месторождения полезных ископаемых. Данные по Монголии обобщены в монографии «Геологическое строение МНР» (ред. Н.А. Маринов, 1973); позднее на ее основе создан Национальный атлас Монголии (1991). Важное значение для познания геологии и металлогении ЦАПП имели международный проект «Атлас геологических карт Центральной Азии и сопредельных стран масштаба 1 : 2 500 000», получивший высокую оценку на XXXIII сессии Международного геологического конгресса [Петров и др., 2009], и совместные российско-китайские исследования по геологии и металлогении Амурского геоблока [Шатков, Вольский, 2004].

Работы на уран по научной обоснованности, технической оснащенности и результативности включают три этапа. Первый связан с началом изучения ураноносности территории Забайкалья и открытием промышленных месторождений Стрельцовского рудного узла. Второй этап – проведение специализированных на уран работ в Монголии – выявление и разведка промышленных месторождений урана, полиметаллов, флюорита. В это же время установлены новые геолого-промышленные типы уранового оруденения в Северном Китае и Забайкалье. Третий этап – избирательное изучение известных урановых объектов недропользователями в новых экономических условиях. В XXI веке сократились объемы геологоразведочных работ на уран в России, разведкой урановых месторождений в Монголии занимаются иностранные компании, поисковые работы в Китае сконцентрированы в южных районах страны. В настоящее время изучение ураноносности ЦАПП ведется в рамках международных соглашений и осуществляется силами совместных предприятий и национальных геологических служб России, Монголии и Китая.

Глава 1. ГЛАВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕКТониКИ И УРАНОНОСНОСТИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО ПОДВИЖНОГО ПОЯСА

Первое защищаемое положение. Закономерности размещения промышленных месторождений урана восточной части Центрально-Азиатского подвижного пояса обуславливаются эволюцией рифтогенных, тафрогенных и платформенных структур, наложенных на радиогеохимически гетерогенный фундамент в области взаимодействия древних Сибирской и Северо-Китайской платформ, палеозой и мезозой Центрально-Азиатского и Тихоокеанского подвижных поясов, кайнозойских коллизионных сооружений Альпийско-Гималайского пояса.

Геотектоническая позиция. Центрально-Азиатский подвижный пояс – крупнейшая трансконтинентальная тектоническая структура, протянувшаяся в субширотном направлении более чем на 5000 км от Туранской плиты на западе до восточной окраины Азиатского материка и представляющая собой систему складчато-надвиговых сооружений, развивающихся между древними платформами – Сибирской на севере и Северо-Китайской на юге. В структурах ЦАПП отчетливо проявлены мезозойские и кайнозойские тектонические процессы, обусловленные развитием Тихоокеанского и Альпийско-Гималайского подвижных поясов. Под их влиянием сформировались вулкано-тектонические сооружения, тафрогенные впадины и крупные озерные бассейны, выполненные субплатформенными осадками. С точки зрения металлогении урана ЦАПП выступает как крупнейшая структура, внутри и в обрамлении которой размещаются урановорудные провинции и районы, определяющая минерально-сырьевую базу урана России, Монголии, Китая, Казахстана и Узбекистана.

В основу изучения главных особенностей тектоники территории положены работы по террейновому анализу, выполненные в рамках Международного проекта «Минеральные ресурсы, металлогения и тектоника Северо-Восточной Азии» (1996–2002) геологической службой США в сотрудничестве с геологами России, Монголии, Китая, Японии и Южной Кореи [Nokleberg et al., 1999]. Доступная информация и анализ особенностей структурно-вещественных комплексов позволяет дать характеристику восточной части Центрально-Азиатского пояса с позиции современных тектонических концепций.

Большую часть исследуемой территории занимает Монголия. Докембрийские кратонные и метаморфические террейны, трактуемые также как геоблоки древней консолидации – выступы фундамента Сибирской и Северо-Китайской платформ [Badarch et al., 2002], развиты преимущественно к северу от Главного Монгольского линеамента. Метаморфические террейны традиционно рассматривались как раннедокембрийские. Однако геохронологические данные указывают, что высокотемпературный метаморфизм в этих геоблоках отвечает преимущественно палеозою. Метаморфические комплексы могут соответствовать надвиговым останцам различных пород, переработанных более поздними процессами [Salnikova et al., 2001].

Постаккреционные комплексы, наложенные на разнотипные террейны, включают отложения осадочных бассейнов, вулканоплутонические пояса и интрузивные массивы различного возраста, нередко развивающиеся вдоль границ террейнов. Подобные образования дают важную информацию о времени амальгамации палеозойских террейнов и последующих тектонических процессах, проявившихся в них.

Позднемезозойские рифтогенные и тафрогенные впадины и прогибы, которые ранее относились к категории структур ревивации (тектоно-магматической активизации [Шеглов, 1997]) играют особую роль в формировании геологического облика ЦАПП. Крупнейшее позднемезозойское рифтогенное сооружение – Монголо-Приаргунский внутриконтинентальный вулканический пояс – тянется в субширотном направлении почти на 1500 км. Наиболее широко вулканические процессы проявлены и лучше всего изучены в Чойбалсан-Ононской вулканической зоне, поперечной к общему простиранию пояса. Здесь позднемезозойские вулканы резко несогласно залегают на более древних образованиях и характеризуются отчетливой самостоятельностью структурного плана [Шатков, 1979]. Полицикличность позднемезозойского вулканизма рассматривается как важный фактор, способствующий созданию благоприятных условий для концентрированного рудоотложения на различных стратиграфических уровнях гетерогенного осадочно-вулканогенного разреза базальт-риолитовой формации [Шувалов, Пельменев, 1982; Миронов, 2003]. Становление Монголо-Приаргунского пояса завершилось формированием раннемеловых депрессий тафрогенного типа, традиционно рассматриваемых как наложенные угленосные впадины.

Исключительно высокий минерагенический потенциал рифтогенных и тафрогенных структур объясняется приуроченностью к ним промышленных месторождений урана, флюорита, полиметаллов, бурого угля, цеолитов, во многом определяющих не только современное состояние минерально-сырьевой базы, но и ее будущее [Тарханов, Бойцов, 2000; Машковцев и др., 2008]. С развитием ВТС, сложенных эффузивами контрастной базальт-риолитовой формации, связаны вулканогенные гидротермальные рудоформирующие системы, за счет которых возникли различные по масштабам урановые и другие рудные объекты. Наиболее отчетливо эта закономерность проявлена в Керуленском и Аргунском блоках Эрэндабанского кратонного террейна. В нижнемеловых структурах тафрогенного типа и позднемезозойско-кайнозойских платформенных депрессиях функционировали артезианские системы, сформировавшие масштабное урановое оруденение в связи с зонами грунтового и пластового окисления [Миронов и др., 1990; Будунов, 2002].

Позднемезозойско-кайнозойские депрессионные структуры чехла молодой платформы в пределах Гобийской плиты, примыкающей к Средиземноморско-Гималайской зоне коллизии, выполнены типично платформенными озерно-аллювиальными толщами, иногда включающими ареалы неоген-четвертичных базальтоидов. Кайнозойский вулканизм широко проявлен во всей Центральной Азии и на юге Сибири [Коршунов, Миронов, 2008]. Формирование уранового оруденения в связи с деятельностью грунтовых и пластовых кислородных вод связано с неоднократным воздыманием Хэнтэй-Хангайской горной системы

и развитием локальных горстовых поднятий в Центральной Гоби. Эта ситуация в известной мере соответствует обстановкам рудолокализации в Центральном-Кызылкумской урановорудной провинции Узбекистана [Афанасьев, Миронов, 2007].

Радиогеохимическое районирование Монголии позволило установить закономерности распределения урана и тория в геологических комплексах и выделить аномальные радиогеохимические зоны с интенсивным привносом и выносом радиоактивных элементов. В региональном плане они наиболее благоприятны для развития уранового рудообразующего процесса. В таких зонах в Восточной Монголии и Забайкалье сосредоточены 91% месторождений и 84% рудопроявлений урана [Шувалов, Пельменев, 1982].

Установлено, что кларковые и пониженные содержания урана и тория характерны для доаккреционных геологических образований, независимо от типов слагаемых ими террейнов. Аномальные содержания радиоактивных элементов в периферических частях кратонных и метаморфических террейнов связаны с локальными проявлениями постгранитизационного кремне-калиевого метасоматоза. Специализированные на уран углеродсодержащие и фосфатоносные терригенно-карбонатные породы присутствуют в разрезах венд-палеозойских отложений, перекрывающих докембрийские и метаморфические террейны. Близкие к кларку содержания урана и тория свойственны «сшивающим» гранитоидным комплексам и вулканитам наложенных поясов палеозойского возраста. Специализация на уран и торий установлена для ряда массивов субщелочных и щелочных гранитоидов среднего – позднего палеозоя.

Высокоспециализированные на уран формации и комплексы отвечают мезозойскому и позднемезозойско-кайнозойскому этапам развития геоструктур. В условиях рифтогенеза на фоне террейнов различного типа вблизи глубинных разломов возникали цепочки специализированных на уран массивов лейкогранитов и вулканито-тектонических структур (ВТС), сложенных бимодальными эффузивами. Обогащение ураном терригенных отложений позднемезозойско-кайнозойских осадочных бассейнов, наложенных на террейны разных типов, обусловлено процессами диагенеза и эпигенеза первичносероцветных осадков [Высокоостровская и др., 2007].

Рудообразующие процессы проявлялись на фоне специализированных на уран формаций в различных структурных обстановках. В полях развития углеродистых сланцев урановая минерализация возникла при гидротермальной деятельности в ареалах кислого и субщелочного магматизма. В позднемезозойских вулканических поясах Монголии, Китая и России промышленное урановое оруденение связано с гидротермальными процессами, проявленными как в ВТС, так и в фундаменте. Рудоносные ВТС характеризуются наиболее высоким уровнем специализации на уран кислых вулканитов и вулканических стекол [Шатков, 1979]. В позднемезозойско-кайнозойских осадочных бассейнах восточной части ЦАПП масштабное урановое рудообразование связано с грунтовыми и пластовым окислением, проявившимся на фоне специализированных на уран проницаемых терригенных толщ. Субстратом рудовмещающих

осадочных бассейнов служили обогащенные ураном преимущественно палеозойские гранитоиды, метаосадки и вулканиты. В мезозойских массивах лейкогранитов перспективное урановое оруденение формировалось не только при гидротермальных процессах, но и при гипергенном преобразовании высокорадиоактивных гранитов в зонах разломов под воздействием нисходящих метеорных вод.

Аномальные радиогеохимические зоны являются важнейшим прогнозным элементом при оценке перспектив ураноносности. В них, например только в Монголии, расположены 54 специализированные на уран вулcano-тектонические структуры, более 20 массивов высокордиоактивных гранитов и десятки позднемезозойско-кайнозойских депрессий. Региональные особенности пространственного распределения радиоактивных элементов и позиция аномальных радиогеохимических зон во многом определяются влиянием долгоживущих разломов, часто являющихся естественными границами элементов радиогеохимической зональности.

Основные черты ураноносности восточной части ЦАПП обусловлены эволюцией рудообразующих систем, функционировавших в различных геотектонических обстановках и определивших разнообразие типов уранового оруденения (рисунок).

Для мезозойских рифтогенных структур характерно широкое развитие массивов лейкогранитов, часто специализированных на уран. С постгранитизационными гидротермально-метасоматическими процессами связывается формирование промышленных урановых месторождений жильного гранитного (по МАГАТЭ) геолого-промышленного типа, известных на юге Китая. В Монголии этот тип представлен мелкими объектами в массивах жанчублинского и шарахадинского комплексов в центральной части страны, в России – проявлениями в экзоконтактовых зонах гранитных массивов асаканшумиловского, харалгинского, кукульбейского комплексов, контролируемых зоной Монголо-Охотского разлома. На западе ЦАПП, в Северном и Южном Казахстане, крупные урановые месторождения (Косачиное, Грачевское, Джусандалинское и др.) локализуются среди разнообразных пород в ареалах грейзенизации и березитизации; специализированные на уран граниты легаевского, боровского, джусандалинского комплексов рассматриваются как орогенно-активизационные. В осевых частях кайнозойских сводов, включающих мезозойские рифтогенные структуры, в пределах специализированных на уран гранитных массивов функционировали экзогенные трещинно-инфильтрационные системы, сформировавшие масштабное жильное оруденение на цеолитовом барьере (месторождения Горное, Березовое чикойского геолого-промышленного типа и др. и проявления в Хэнтэй-Даурском и Байкальском сводах).

Позднемезозойскому этапу рифтогенеза отвечает Монголо-Приаргунский вулканический пояс в восточной части ЦАПП, в пределах которого с поствулканическими процессами связано формирование низкотемпературного вулканического оруденения в связи с кальдерами (по МАГАТЭ) или стрельцовского геолого-промышленного типа, представленного крупными месторождениями на северо-востоке Монголии и на юге Восточного Забайкалья. Аналогичное оруденение известно и в дру-

гих рифтогенных вулканических поясах планеты – на Дальнем Востоке России, на востоке Китая, в Италии, Перу, Мексике, США.

Тафрогенными процессами на востоке ЦАПП обусловлены многочисленные впадины, выполненные континентальными терригенными отложениями; платформенному этапу отвечает более крупные бассейны накопления обломочных пород. Тектонические движения новейшего этапа привели к активизации гидродинамического режима и появлению многочисленных артезианских бассейнов – экзогенных рудоформирующих систем, обеспечивших развитие зон грунтового и пластового окисления и формирование уранового оруденения различных геолого-промышленных типов. В низах разреза угленосных толщ тафрогенных впадин в России размещаются месторождения тектоно-литологического геолого-промышленного (по МАГАТЭ), или имского типа (Степное, Тарбаганжинское в России), в верхах – многочисленные месторождения песчаникового (по МАГАТЭ), или гобийского геолого-промышленного типа: Нарс, Харат, Хайрхан и др. в Монголии, Дуншэн, Нухотин, Баянтала и др. в Китае. Непосредственно в угленосных толщах известны месторождения ураново-угольного (по МАГАТЭ) или илийского (кольджатского) геолого-промышленного типа. В Монголии к этим объектам отнесено мелкое месторождение Шинэбулак на востоке страны, в Китае – месторождения Кужертай, Далади, Пашбулак на западе, в Казахстане – крупные объекты Кольджат и Нижне-Илийское, в России – Угольное мелкое месторождение на севере Забайкалья. Оруденение базального палеорусового (по МАГАТЭ), или витимского геолого-промышленного типа играет большую роль в России и только начинает изучаться в Монголии и Китае.

В качестве потенциально промышленного рассматривается «черносланцевый» или углеродисто-сланцевый (по МАГАТЭ) геолого-промышленный тип, представленный рудопроявлениями Прихубсугуль в Монголии. На западе ЦАПП, в Ауминза-Бельтауском районе Узбекистана, к этому типу отнесены средние по масштабам промышленные месторождения Рудное, Косчека, Джантуар; на юге Китая (параплатформа Янцзы) известны мелкие месторождения в синийско-кембрийских углеродистых сланцах Чанципин и Пукутань. Известные урановорудные объекты других типов практического значения не имеют.

Урановорудные эпохи. Совокупность геологических и изотопно-геохимических данных свидетельствует о важной роли в восточной части ЦАПП двух главных урановорудных эпох, обусловленных глобальными тектоническими событиями. Для позднемезозойской урановорудной эпохи характерно гидротермальное урановое рудообразование в связи с контрастным вулканизмом рифтогенного Монголо-Приаргунского пояса и с лейкогранитовым магматизмом в сводовых поднятиях. Поздне-мезозойско-кайнозойской эпохе свойствен гидрогенный урановый рудогенез, обусловленный сводово-глыбовыми движениями в Альпийско-Гималайском поясе. Роль более древних процессов, проявившихся в структурах основания и палеозойских складчато-надвиговых сооружениях, недостаточно ясна.

В целом мезозой и кайнозой – весьма продуктивные отрезки геологической истории ЦАПП, в том числе на уран. Разнообразии геотекто-



- 1 [Symbol: Dashed line]
- 2 [Symbol: Solid line]
- 3 [Symbol: Wavy line]
- 4 [Symbol: Dotted line]
- 5 [Symbol: Triangle]
- 6 [Symbol: Square]
- 7 [Symbol: Inverted triangle]
- 8 [Symbol: Circle]
- 9 [Symbol: Square]
- 10 [Symbol: Circle]
- 11 [Symbol: Square]
- 12 [Symbol: Triangle]
- 13 [Symbol: Square]
- 14 [Symbol: Square]

Схема размещения урановых объектов восточной части Центрально-Азиатского подвижного пояса и прилегающих территорий

Составил Ю.Б. Миронов по материалам ВСЕГЕИ, БФ «Сосновгеология», СовГео в МНР, ВИРГ, Пекинского НИИ урановой геологии.
 По А.Л. Яншину (1966), Л.П. Зоненшайну (1972), Ю.М. Шувалову (1982), Л.И. Красному, Г.А. Шаткову, А.С. Вольскому (2004) с добавлениями автора (2009).

Сибирская платформа: 1 – щиты и краевые выступы фундамента, 2 – плитные комплексы; **Таримская платформа:** 3 – краевые выступы фундамента; **Северо-Китайская платформа:** 4 – щиты и краевые выступы фундамента, 5 – плитные комплексы; **Центрально-Азиатский подвижный пояс:** 6 – мозаичные и складчато-надвиговые области и метасистемы, 7 – срединные массивы (в т.ч. композитные); **Тихоокеанский подвижный пояс:** 8 – складчатые системы; **Альпийско-Гималайский пояс:** 9 – складчато-надвиговые системы; **наложенные позднемезозойско-кайнозойские структуры:** 10 – терригенные впадины, 11 – вулканические пояса, 12 – крупнейшие разломы; (а – граничные, б – прочие), 13 – прочие крупные нарушения, 14 – действующие и строящиеся уранодобывающие предприятия

У р а н о в о р у д н ы е о б ъ е к т ы

Металлогенические объекты

Геолого-промышленный тип	Урановорудная формация	Знак на схеме
Базальный палеорусловый (витимский)	Урановая в терригенных отложениях кайнозойских палеодолин	⬇
Песчаниковый (гобийский)	Урановая в терригенных отложениях мезозойско-кайнозойских впадин	⬇
Пластовый тектоно-литологический (имский)	Урановая в пестроцветных отложениях мезозойских впадин	⊖
Ураново-угольный (илийский, кольджатский)	Урановая в угленосных отложениях мезозойских впадин	▬
Жильный (чикойский)	Урановая в зонах глинисто-целолитовых изменений	⊕
Жильный гранитный	Урановая в зонах дробления лейкокраповых гранитов	⊕
Вулканический, в т.ч. связанный с кальдерами (стрельцовский)	Фтор-молибден урановая в позднемезозойских ВТС и их фундаменте	⊕

Урановорудные и потенциально урановорудные районы (УРР и ПУРР), зоны (УРЗ и ПУРЗ), области (УРО и ПУРО), бассейны (УРБ и ПУРБ), номера на схеме

1

Список металлогенических объектов

РОССИЯ: 1. Витимский УРР, 2. Южно-Витимский УРР, 3. Оловский УРР, 4. Еравнинский ПУРР, 5. Хилокский ПУРР, 6. Чикойский УРР, 7. Даурский УРР, 8. Уруллонгевский УРР, 9. Урумкано-Уровский ПУРР.

МОНГОЛИЯ: 1. Бутулиннская ПУРЗ, 2. Хубсугульская ПУРЗ, 3. Арагольская ПУРЗ, 4. Монголо-Гувинская ПУРЗ, 5. Цаганшибэтинская ПУРЗ, 6. Монголо-Алтайская ПУРЗ, 7. Озерная ПУРЗ, 8. Баянхонгорская ПУРЗ, 9. Хангайская ПУРО, 10. Центральный ПУРР, 11. Северо-Чойбалсанский УРР, 12. Бэрхинский ПУРР, 13. Восточно-Гобийский УРР, 14. Среднегобийский ПУРР, 15. Сайншандинский УРР, 16. Тамцагский ПУРР.

КИТАЙ: 1. Джунгарский УРБ, 2. Илийский УРБ, 3. Ордосский УРБ, 4. Эрлян УРБ, 5. Сунляо УРБ, 6. Аргуно-Маньчжурский ПУРР

нических структур с урановым оруденением требует их дальнейшего изучения. Изложенный материал рассматривается как основа современной модели эволюции уранового рудообразования в структурах ЦАПП.

Глава 2. УРАНОВОРУДНЫЕ ФОРМАЦИИ, ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И КРИТЕРИИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РУДНЫХ РАЙОНОВ И УЗЛОВ

ВТОРОЕ ЗАЩИЩАЕМОЕ ПОЛОЖЕНИЕ. В восточной части Центрально-Азиатского подвижного пояса промышленное значение имеет оруденение фтор-молибден-урановой формации в позднемезозойских вулканотектонических структурах и их фундаменте, урановой формации в терригенных отложениях мезозойско-кайнозойских впадин, урановой формации в зонах глинисто-цеолитовых изменений; обосновываются перспективы урановой формации в терригенных отложениях кайнозойских палеодолин и урановой формации в зонах дробления лейкократовых гранитов. Принципы прогноза и комплекс критериев и признаков выделения урановорудных районов, узлов и месторождений базируются на системном анализе закономерностей локализации оруденения каждой урановорудной формации.

Эндемические урановые месторождения восточной части ЦАПП представлены тремя урановорудными формациями.

Фтор-молибден-урановая формация (стрельцовский геолого-промышленный тип). Большинство объектов этого типа размещается в ВТС Монголо-Приаргунского пояса, промышленные месторождения сосредоточены в Дорнотской ВТС Монголии и Тулукуевской ВТС российского Забайкалья, а также в Китае – за пределами ЦАПП. Для месторождений характерен пластообразный (Гурванбулакское, Дальнее), штокверкоподобный (Дорнотское, Тулукуевское и др.) и жильный (Мардаингольское, Антей, Красный Камень и др.) типы рудных залежей, часто не выходящих на поверхность. Вертикальный размах оруденения превышает 1 км, однако большая часть руд сконцентрирована в относительно узком диапазоне глубин (200–250 м) и приурочена к определенным литолого-стратиграфическим уровням, обуславливающим многоярусный характер оруденения. Главная черта российских объектов – масштабное проявление рудообразующего процесса в фундаменте, где локализуются уникальные по запасам месторождения с богатыми рудами Антей и Аргунское [Ишукова и др., 2007]. В Монголии в фундаменте Дорнотской ВТС урановое оруденение выявлено только на месторождении Нэмэр, а ведущая роль принадлежит пластообразным залежам в пологих срывах [Миронов, 1992, 2003].

В составе фтор-молибден-урановой формации выделяются два минеральных типа – флюорит-молибденит-настурановый и уран-фторапатитовый. К первому относятся практически все месторождения России, Монголии, Китая (Сиан-Шань, Чжанмадин). Уран-фтор-апатитовый минеральный тип представлен единичными рудопроявлениями в Монголии и России. Уран в них сосредоточен в виде изоморфной примеси в коллофане, франколите и в гидроокислах урана. Самостоятельного значения тип не имеет.

Урановая формация в зонах дробления лейкократовых гранитов (жильный гранитный тип) широко распространена в Китае (месторождения Ляншангуан, Квинлон в районе Гоншанлинь-Бахэчуан и Гуан-Хоншаньцзи). В России к этому типу относятся единичные проявления в Даурии и Зачуйской горной области; в Монголии – рудопроявления в Жанчублинском массиве, где настуран-коффинитовая минерализация с сульфидами свинца и цинка локализуется в зонах эйситизации и березитизации среди тектонически нарушенных лейкогранитов. Рудные тела имеют форму жил различной мощности и протяженности. Руды богатые и рядовые. Промышленные урановые объекты этого типа известны в Рудных горах (Германия), Чехии, Кураминской зоне Узбекистана (месторождения Чаркасар и Кииктал).

К объектам *урановой формации в углеродисто-кремнистых сланцах (черносланцевый тип)* относятся промышленные месторождения Чанципин и Пукуйтан в Цзуфэн-Горно-Джуванского и Муфушань-Хэншаньского районах Южного Китая [Lu J et al., 2004] и ряд рудопроявлений на севере Монголии (Начальное, Занар, Эрхэл); последние детально не изучались. В Узбекистане месторождения Рудное, Джантуар и Косчека в Ауминзинском районе связываются с интенсивными гипергенными преобразованиями специализированных на уран углеродистых пород венда – палеозоя; в России известны лишь мелкие рудопроявления в Окинском синклинии.

Принципы и критерии прогнозирования эндогенного оруденения включают ряд ключевых положений, определяющих методические основы их разработки. К числу наиболее важных и использованных в работе относятся принципы вероятностного подобия, соответствия, последовательного приближения, обратной зависимости. На основе системного анализа условий локализации и закономерностей размещения уранового оруденения для каждой урановорудной формации разработаны научные предпосылки и комплекс критериев и признаков урановорудных объектов различного ранга [Рундквист и др., 1980; Рундквист, 1995]. Для объектов фтор-молибден-урановой формации – в целях прогноза использовались разработанные в Забайкалье и адаптированные для других районов Монголо-Приаргунского пояса следующие наиболее важные критерии и признаки [Шувалов, Пельменев, 1982]:

- проявление позднемезозойских вулканических и поствулканических процессов в пределах жестких, неоднократно гранитизированных блоков, включающих длительно развивающиеся гранито-гнейсовые купола и очагово-купольные структуры; развитие ВТС, сложенных породами «контрастной» базальт-риолитовой формации, полифациальность и полицикличность основного и кислого вулканизма; в пределах ВТС депрессионного типа – широкое развитие эксплозивных фаций, появление поздних ультракислых риолитов, контрастность вулканогенно-осадочного разреза;

- активное функционирование долгоживущих глубинных разломов, контролирующих полихронные процессы гранитообразования и постгранитизационные явления с привносом урана; развитие мощных зон дробления, объемного катаклаза по вулканитам и осадкам ВТС и породам фундамента;

– телескопированное проявление рудосопровождающих процессов аргиллизитового ряда на фоне дорудного кремнещелочного метасоматоза; специализация на уран и торий вулканитов, прежде всего ультракислых разновидностей вулканических стекол и пород домезозойского субстрата; формирование аномальных радиогеохимических блоков и зон в связи с рудоподготовительными и рудосопровождающими процессами; развитие полиметаллического и флюоритового оруденения в зонах низкотемпературных изменений.

Локальные критерии прогнозирования месторождений фтор-уран-молибденовой формации в ВТС разработаны с участием и под руководством автора на основе изучения рудоносных структур Монголии и России [Миронов, 1986, 2003].

Сравнительный анализ эффективности применения комплекса прогнозных критериев и признаков объектов различного ранга подчеркивает нарастание влияния вещественного состава пород и руд при снижении роли общих геологических предпосылок в ряду прогнозируемых объектов район – узел – месторождение.

Экзогенные урановые месторождения имеют важное значение в восточной части ЦАПП.

Урановая формация в терригенных отложениях мезозойско-кайнозойских впадин (песчаниковый тип) широко распространена в молодых осадочных бассейнах Монголии (месторождения Харат, Хайрхан, Нарс и др.) и Северного Китая (Нухотин, Баянтала, Хулихэ и др.). Оруденение приурочено к зоне грунтового окисления, реже отмечается внутри сероцветных пород. Богатые и контрастные руды локализуются в проницаемых породах с органическим детритом. Вертикальный размах оруденения 300 м, однако промышленные руды локализуются вблизи поверхности. Для месторождений характерны пластообразные, лентообразные, реже ролловые тела, приуроченные к нескольким проницаемым горизонтам. Руды бедные и рядовые, нередко комплексные, содержащие редкие земли, рений, скандий, селен. По совокупности признаков месторождения образуют самостоятельный гобийский тип и пригодны для отработки методами кучного и подземного выщелачивания [Миронов, 2006].

Урановая формация в терригенных отложениях кайнозойских палеодолин (палеорусловый тип) распространена в России (месторождения Хиагда, Дыбрын, Витлаус в Витимском и Южно-Витимском УРР); в Монголии – рудные объекты Чулутского УРУ в Хангае (Дагийн-Гол, Сул, Баяр). Терригенные образования, выполняющие палеорусла, представлены сероцветными аллювиальными породами различной мощности. Палеорусла врезаны в радиогеохимически специализированные на уран граниты. Ресурсы урана отдельных палеодолин соответствуют запасам промышленных объектов.

Урановая формация в угленосных отложениях мезозойских впадин (ураново-угольный тип) развита в Илийском и Джунгарском районах Китая, в Восточной Монголии (Шинэбулакское), в России (Угольное – за пределами ЦАПП). К этому типу относятся скопления урана, связанные с бурями (реже каменными) углями и сероцветными терригенными породами, содержащими углефицированный растительный детрит. Наибо-

лее рудоносны контакты угольных пластов и терригенных пород. Уран концентрируется в чернях, ураноорганических соединениях и слюдках, постоянным его спутником является германий. Наличие промышленных месторождений урана подобного типа в Казахстане (Илийское, Кольджатское месторождения) и на западе Китая (Кужертай и др.) позволяет считать эту формацию перспективной и для восточной части ЦАПП.

Урановая формация в зонах глинисто-цеолитовых изменений (чикоийский тип) представлена промышленными месторождениями Горное и Березовое с богатыми и рядовыми рудами в Зачикойской горной области и слабоизученными рудопроявлениями в других районах Забайкалья; предполагается развитие объектов этого типа в Хангае и Хэнтэе. В Китае подобные объекты пока не выявлены. Оруденение локализуется в зонах разломов с широким развитием дорудных глинисто-цеолитовых изменений (десмин-ломонтит-монтмориллонитовой ассоциации), создающих ионнообменный барьер для осаждения урана, и прослеживается до глубин 600–800 м. Месторождения локализуются в зонах разломов в блоках хрупких, относительно гомогенных лейкократовых гранитов, реже среди близких к ним по физико-механическим свойствам осадочных пород нижних частей разреза нижнемеловых депрессий (Дусалей). Минеральный состав руд определяется геохимическими особенностями рудовмещающих пород, характер глинисто-цеолитовых преобразований слабо зависит от состава среды. Элементы-спутники урана в рудах отсутствуют. Оруденение чикоийского типа пригодно для отработки комбинированными геотехнологическими системами.

Гидрогеологические условия формирования экзогенного уранового оруденения и особенности развития эпигенетических процессов в терригенных отложениях определяются строением и эволюцией осадочных бассейнов. От типов скоплений рудоформирующих подземных вод зависит морфология рудных залежей. Состав пород определяет их проницаемость и масштабы объекта. Выделенные структурно-гидрогеологические этажи и собственные им типы подземных вод принадлежат к двум главным группам гидрогеологических структур. Первые объединяют наиболее гипсометрически поднятые гидрогеологические массивы и глубокие межгорные артезианские бассейны в пределах Центрально-Монгольского поднятия. Ко второй группе относятся межгорные артезианские бассейны и гидрогеологические массивы неоплатформы Юго-Восточной Гоби. В составе групп выделяются гидрогеологические объекты высоких порядков. Важный вывод гидрогеологических исследований – выявление регионального стока, на пути которого локализуются урановые месторождения Восточно-Гобийского и Сайншандинского рудных районов.

Общая схема развития гидрогеологических процессов позволяет целенаправленно интерпретировать эпигенетические изменения, обусловленные деятельностью подземных вод выделенных гидрогеологических структур. Так, кислородная инфильтрация проникает на глубину до 250 м. Зоны пластового окисления выявлены на более глубоких горизонтах вблизи внутренних поднятий депрессий. С деятельностью углекислых вод связаны восстановительные глеевые и сероводородные ба-

рьеры. Своеобразный комплекс эпигенетических изменений наблюдается в блоках разгрузки нефтяных вод – «нефтяной эпигенез». Каждому типу изменений соответствует свой тип уранового оруденения в конкретных гидрогеологических структурах артезианского бассейна. Особенности гидрогеологических условий и развития эпигенетических процессов учитываются при прогнозировании экзогенных месторождений.

Принципы прогнозирования и поисковые критерии экзогенных месторождений основаны на связи крупных объектов с коллизионными этапами развития региона, когда в качестве рудообразующих выступают наложенные процессы, вызванные деятельностью «активных» вадозных вод, формирующих зоны пластового и грунтового окисления в проницаемых породах мезозоя и кайнозоя. Образование гидрогенных объектов связано с функционированием рудообразующих систем в тафrogenной, орогенной и эвстатической геотектонических обстановках [Машковцев и др., 2002]. Определение пространственного положения этих систем и их элементов – областей питания подземных вод, путей пробег, зоны геохимического барьера и рудолокализации, областей разгрузки вод – суть научного прогнозирования [Шор, 1993].

Гидрогенные месторождения урана возникают на склонах поднятий и сводов вследствие сочетания ряда факторов рудоконтроля. Для их выявления и анализа составляются специализированные карты. В зависимости от задач и масштаба работ критерии и признаки уранового оруденения разделены на региональные, районные и локальные [Экзогенные эпигенетические..., 1965]. Для каждой из экзогенных урановорудных формаций разработаны и рекомендованы для практического применения критерии и признаки, часть которых носит универсальный характер.

Геотектонические – наличие коллизионных осадочных бассейнов с угленосной седиментацией, нижнемеловых впадин, контролируемых основными линеаментами Центрально-Азиатского подвижного пояса. Сводово-глыбовый характер тектонических процессов, слагающих гетерогенное основание, часто специализированное на уран.

Палеогидрологические и формационные – распространенность в плитном комплексе молодой платформы осадочных формаций гумидного типа с озерно-аллювиальной седиментацией и преимущественным развитием водопроницаемых отложений с углефицированным детритом. Формации неотектонического цикла, синхронные процессам рудообразования, представлены красноцветными комплексами аридного литогенеза.

Структурные – наличие разрывных флексурных зон проницаемости, поднятий внутри эрозионных палеотектонических структур.

Гидродинамические – наличие артезианских бассейнов с устойчивым инфильтрационным режимом и сменной окислительных обстановок на восстановительные в их краевых частях.

Эпигенетические – развитие рудоформирующих зон пластового окисления по периферии внутренних поднятий, угольных пластов и палеодолин, интенсивное проявление грунтового окисления.

Фацциально-литологические – наличие чередующихся серий проницаемых пород и водоупоров при соотношении 2 : 1 с углефицированным

детритом и битумами. Умеренная литификация осадочных пород со сложной литолого-фациальной обстановкой.

Радиогидрогеологические и радиогеохимические — повышенные содержания урана в подземных водах и в составе доплитных комплексов в пределах сводовых и внутренних горстовых поднятий.

Совокупность региональных и локальных поисковых критериев позволяет уточнить элементы рудообразующих систем и использовать их в целях прогноза экзогенных месторождений урана различных формаций и геолого-промышленных типов.

Глава 3. МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ НА УРАН ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО ПОДВИЖНОГО ПОЯСА

ТРЕТЬЕ ЗАЩИЩАЕМОЕ ПОЛОЖЕНИЕ. Металлогеническое на уран районирование восточной части Центрально-Азиатского подвижного пояса выполняется по единой методике на основе комплексного анализа главных факторов и критериев прогнозирования и направлено на выделение урановорудных и потенциально урановорудных зон, областей, районов, узлов и перспективных обстановок локализации промышленного оруденения и разработку рекомендаций по направлению дальнейших работ на уран.

Металлогеническое районирование на уран имеет важное научное и прикладное значение. Очевидно, что дорогостоящий комплекс геологоразведочных на уран работ должен выполняться в пределах наиболее перспективных блоков, где уверенно и обоснованно ожидается открытие промышленных месторождений. Такие блоки получили название урановорудных районов и узлов [Шувалов, 1978; Щеглов, 1997].

Монголо-Приаргунская урановорудная провинция (УРП) в геотектоническом отношении соответствует крупнейшей рифтогенной структуре — Монголо-Приаргунскому внутриконтинентальному вулканическому поясу, наложенному на докембрийские гранит-метаморфические комплексы, и характеризуется высокой насыщенностью аномальными радиогеохимическими зонами. В пределах провинции выделен ряд урановорудных и потенциально урановорудных районов (УРР и ПУРР), каждый из которых включает урановорудные и потенциально урановорудные узлы (УРУ и ПУРУ).

Северо-Чойбалсанский УРР занимает центральную часть провинции и включает Дорнотский УРУ, Угтамский и Энгэршандский ПУРУ, приуроченные к одноименным ВТС, сложенным вулканитами базальт-риолитовой формации. Минерагенический потенциал района определяют месторождения урана фтор-молибден-урановой формации в позднемезозойских ВТС и их фундаменте, а также свинца и цинка, флюорита, золота и цеолитов. Главнейшими структурными элементами района являются разноориентированные глубинные разломы. Важная роль принадлежит сводовым поднятиям. Крупный Верхнеульдзинский свод включает Дорнотский, Угтамский и другие локальные своды, к которым приурочены ВТС. В радиогеохимическом отношении район соответствует Чойбалсан-Ононской аномальной радиогеохимической зоне, в кото-

рой комплексы основания содержат пониженные концентрации радиоэлементов (1,0 г/т урана и 4,2 г/т тория), что отличает Северо-Чойбалсанский район Монголии от Урулунгуевского района Забайкалья, фундамент которого высоко специализирован на уран [Шатков, 1979; Шувалов, Пельменев, 1982; Миронов, 2003].

Дорнотский УРУ – наиболее рудонасыщенный и изученный блок одноименной ВТС, объединяющий пространственно сближенные Эрхтийскую, Уланскую, Мардайнгольскую эрозионно-тектонические впадины. В размещении оруденения решающую роль играют крутопадающие разломы и пологие зоны межпластовых срывов. Месторождения урана локализуются над склонами поднятых блоков фундамента, где сокращенный разрез вулканитов характеризуется повышенной гетерогенностью и тектонической нарушенностью. Оруденение тяготеет к нижним и средним частям осадочно-вулканогенного разреза; основные рудные залежи размещаются на глубинах 150–500 м. наиболее рудонасыщенной является граница среднего и нижнего подкомплексов (3–6а уровни), включающая основные пластовые, пластообразные и штокверково-жильные рудные залежи. Полиметаллическое оруденение представлено промышленными Уланским и Мухарским месторождениями. Рудные залежи локализованы в трубообразных телах брекчий, контролируемых разломом и прослеженных в фундаменте на глубину более 1,5 км. Барунсуджинское и Хубобулакское флюоритовые месторождения локализуются в верхах вулканической толщи и в гранитном обрамлении ВТС. Пространственно совмещенное в пределах Дорнотского рудного узла промышленное урановое, полиметаллическое, флюоритовое, золотое оруденение представляет собой единый гомологический ряд рудных формаций – производных единого непрерывно-прерывистого поствулканического процесса. Высокая рудонасыщенность Дорнотского узла отражает специфику геологической истории развития и связана с эволюцией системы магматических очагов различной глубинности [Миронов, 2001].

Урулунгуевский УРР и Урюмкано-Уровский ПУРР России размещены в северо-восточной части Монголо-Приаргунской провинции. Особенности строения и ураноносности районов детально и всесторонне освещены в публикациях последних лет и отчетах «Сосновгеология» [Шувалов, Пельменев, 1982; Ишукова, 1995, 2007; Миронов, 2007; Бузовкин, Миронов и др., 2008]. Урулунгуевский УРР является основой современной базы урана России. Его потенциал определяют жильно-штокверковые месторождения фтор-молибден-урановой формации с рядовыми и богатыми контрастными урановыми и комплексными (U+Mo) рудами. Район включает Стрельцовский УРУ, Досагуевский, Куладжинский, Родниковый ПУРУ. Все промышленные месторождения сосредоточены в Стрельцовском УРУ, соответствующем Тулукевской ВТС, сложенной породами базальт-риолитовой формации и развивающейся на гранит-метаморфическом фундаменте. Из 19 структурно связанных месторождений два крупнейших – Антей и Аргунское (25% запасов урановорудного узла) – локализованы в породах фундамента, часть – в вулканитах жерловых (Жерловое, Красный Камень, Пятилетнее, Юго-Западное) и покровных фаций (Тулукевское, Стрельцовское) и осадочных породах. Размещение месторождений определяется прежде всего структурными

и литологическими факторами – все они располагаются в узлах пересечения восток-северо-восточной Аргунской зоны глубинных разломов с субмеридиональными и северо-западными нарушениями на шести литолого-стратиграфических уровнях. Предполагается развитие уранового оруденения до глубины не менее 3000 м [Ищукова, 2007].

В Урюмкано-Уровском ПУРР известно мелкое месторождение урана Антоновское, локализованное в тектоническом блоке, зажато между надвиговыми чешуями рифейских осадков и палеозойских гранитоидов. Рудопроявления Сивачи, Изеча, Ягодное приурочены к позднемезозойской эффузивно-осадочной толще в западной части Урово-Мотогорской впадины. Рудные объекты района отнесены к фтор-молибден-урановой формации в ВТС и их фундаменте [Пельменев, 2005].

По общему мнению, урановый потенциал российских районов может существенно возрасти за счет выявления новых промышленных месторождений в гранит-метаморфических комплексах докембрийского фундамента. Остальные районы Монголо-Приаргунской УРП относятся к категории потенциально урановорудных, что во многом связано с низким уровнем их изученности на уран. В качестве перспективных объектов рассматриваются Батноровский, Уланнурский и Бороундурский потенциально урановорудные узлы Монголии; в пределах последнего установлено развитие оруденения в кристаллическом фундаменте ВТС.

Гобийская УРП располагается южнее Главного Монгольского линеймента. В геотектоническом отношении она соответствует субширотной зоне опусканий, где обширный ареал раннемеловых тафrogenных впадин и позднемеловых-кайнозойских субплатформенных депрессий тянется более чем на 1500 км. В северной части провинции наблюдается отчетливое наложение молодых депрессионных структур с экзогенными месторождениями урана на более древние ВТС Монголо-Приаргунской провинции, что вполне обычно для регионов с разновозрастным оруденением [Шувалов, 1978]. В радиогеохимическом отношении Гобийская провинция включает ряд крупных аномальных радиогеохимических зон. Экзогенное урановое рудообразование обусловлено активизацией гидродинамического режима под воздействием воздымающихся структур Альпийско-Гималайского подвижного пояса и Хангай-Хэнтэйского сводового поднятия. Провинция включает Сайншандинский УРР и Тамцагский ПУРР. Месторождения Харат, Хаирхан, Нарс, Гурвансайхан, Мягмар отнесены к новому гобийскому типу промышленного оруденения и объединены в урановую формацию в терригенных отложениях мезозойско-кайнозойских впадин, связанную с процессами грунтового и пластового окисления. Не исключается возможность формирования в провинции уранового оруденения в связи с калькретами.

Сайншандинский УРР на юго-востоке Монголии в радиогеохимическом отношении характеризуется дифференцированным распределением радиоактивных элементов. В рыхлых отложениях депрессий широко развиты локальные урановые аномалии и ореолы урана. Урановое оруденение тяготеет к проницаемым отложениям нижнего и верхнего мела. В Сайншандинской впадине расположено месторождение Нарс, сформированное процессами пластового и грунтового окисления и вторичного восстановления; на месторождении Мягмар ведущая роль в рудо-

образовании принадлежит грунтово-инфильтрационным процессам. Сайншандинский район рассматривается как весьма перспективный на выявление промышленного экзогенного уранового оруденения, пригодного для отработки методом скважинного выщелачивания.

Тамцагский УПРР на крайнем востоке Монголии и в Северном Китае в геотектоническом отношении соответствует крупному позднемезозойско-кайнозойскому осадочному бассейну, объединяющему ряд тафрогенных и платформенных депрессий, выполненных существенно терригенными сероцветными и пестроцветными, нередко угленосными отложениями позднемелового – неогенового возраста. Район включает северо-восточную часть Матадской аномальной радиогеохимической зоны. Позднемезозойско-кайнозойские рыхлые осадки характеризуются слабодифференцированными содержаниями урана, на фоне которых выделены аномальные повышения и радиоактивные аномалии урановой природы. Урановое оруденение выявлено в нижнемеловых углефицированных породах и рыхлых песчаниках под покровом неогеновых базальтов. Проявленность комплекса предпосылок и признаков позволяет рассматривать Тамцагский район как перспективный на выявление экзогенных эпигенетических месторождений урана.

Хэнтэй-Даурская урановорудная провинция в центральной части Монголии выступает как юго-западное продолжение региональных рудоносных структур Забайкалья, где в Чикойском УРР готовятся к эксплуатации Горное и Березовое месторождения урана.

В геотектоническом отношении провинция соответствует ареалу триасово-юрского магматизма, обусловившего широкое развитие массивов лейкократовых гранитов, специализированных на уран и редкие металлы (W, Sn, Mo). Вмещающие метаосадки и метаморфиты, как правило, слабордиоактивны. Широко развиты локальные зоны перераспределения и привноса урана. Для монгольской части Хэнтэй-Даурской провинции характерно развитие уранового оруденения в специализированных на уран гранитах. Рудопроявления урана отнесены к урановой формации в зонах дробления лейкократовых гранитов (Жанчублинский ПУРУ) и урановой формации в терригенных отложениях кайнозойских палеодолин (Чулутский узел).

Жанчублинский ПУРУ пространственно совпадает с одноименным лейкогранитовым массивом и аномальной радиогеохимической зоной, контролируемой тектоническими швами Хэнтэй-Чойренского разлома. Узел включает рудопроявления Тамга, Урт, Элстийн, Аршан и многочисленные точки урановой минерализации. Результат изучения этих объектов совместно со специалистами компании КОЖЕМА [Бузовкин, 2007] свидетельствует об определенных чертах сходства с промышленными урановыми месторождениями гранитного типа Центрально-Французского массива, Восточного Китая и Северного Казахстана. Установлены также аналогии со слабо изученными гидротермальными урановыми рудопроявлениями (Аномальное, Мергеньское и Онкоекское) Чикойского и Даурского УРР, характеризующимися развитием березитов с сульфидно-настурановой минерализацией. Опыт изучения объектов Центрального района Монголии целесообразно использовать в других урановорудных районах Забайкалья.

В Чикойском УРР России, включающем сформированное в конце мезозоя – кайнозой на месте Хэнтэйского турбидитового террейна сводовое поднятие Зачикойской горной области и обрамляющие его меловые тафрогенные впадины, определилось промышленное значение оруденения урановой формации в зонах глинисто-цеолитовых изменений. В районе выделены Жергоконско-Улелейский УРУ, Энгорокский и другие ПУРУ. Месторождения Горное, Березовое, Югал и десятки рудопоявлений локализируются в зонах разломов юрских лейкогранитовых массивов. Бета-уранотил-уранофановое оруденение прослежено на глубину 600–800 м без изменений минерального состава; установлены его высокие технологические свойства. Предполагается трещинно-инфильтрационное происхождение этих объектов. Перспективы ураноносности района реализованы не полностью и требуют доизучения.

Даурский ПУРР России включает систему ВТС, сложенных базальтриоалитовой формацией и образующих вулканическую цепь – субмеридиональное ответвление Монголо-Приаргунского пояса. Фундамент ВТС представлен метаосадками турбидитового террейна и широко распространенными позднепалеозойскими гранитоидами. Металлогенический облик района определяется редкометалльными (W, Sn), полиметаллическими, золоторудными месторождениями. Мелкие урановые месторождения Барун-Улача, Восточное, Акухинское фтор-молибден-урановой формации с рядовыми рудами локализируются в кислых вулканитах жерловой и экструзивной фаций Акуинской ВТС и контролируются разломами. Месторождение урана Марсон размещается в нижней осадочной части разреза Тыргетуйской ВТС. Часть объектов района может представлять интерес для селективной отработки. В районе не оценены перспективы эндогенного уранового оруденения гранитного типа, а также оруденения в зонах глинисто-цеолитовых изменений.

Чулутский ПУРУ Хангайской ПУРО включает восточную часть Сумингольской и ряд других кайнозойских впадин. Их обрамление сложено палеозойскими гранитоидами и эффузивами, прорываемыми мезозойскими гранитными массивами, специализированными на уран. По совокупности проявленных предпосылок и признаков палеоруслового уранового оруденения Чулутский узел заслуживает проведения специализированных работ на уран.

Северо-Монгольская ПУРП охватывает обширную, гетерогенную в тектоническом отношении, слабоизученную на уран территорию на северо-западе страны. Провинция включает многочисленные разнотипные террейны, в значительной мере перекрытые вендско-кембрийскими карбонатно-углеродисто-сланцевыми, нередко фосфатоносными комплексами, и переработанные процессами, связанными с позднепалеозойским магматизмом. В радиогеохимическом отношении территория неоднородна. Здесь выделен ряд урановых и уран-ториевых аномальных радиогеохимических зон и локальных аномалий. Немногочисленные радиоактивные проявления связаны с высокотемпературными концентрациями урана в специализированных углеродисто-кремнистых сланцах венда – кембрия и в субщелочных интрузивных породах палеозоя. Признаки процессов экзогенной дифференциации урана отмечены в отложениях средне-позднепалеозойских наложенных депрессий [Кичман,

Воронцов, 1991ф]. Существующий уровень изученности не дает возможности однозначно оценить перспективы ураноносности провинции.

Сравнительный анализ проявленности эндогенного и экзогенного уранового оруденения и условий локализации месторождений урана в восточной части Центрально-Азиатского подвижного пояса позволил дать рекомендации по дальнейшим направлениям геологоразведочных работ на уран. Возможности выявления в урановорудных районах Монголии, России и Китая крупных месторождений фтор-молибден-урановой формации достаточно ограничены и связаны прежде всего с изучением низов разреза ВТС и кристаллического фундамента в Северо-Чойбалсанском и Восточно-Гобийском УРР Монголии, Урлуянгувском УРР, Даурском и Урюмкано-Уровском ПУРР России, ряде районов Южного Китая. Кроме того, в российских и китайских УРР необходимо учитывать вероятность развития промышленного полиметаллического серебро-золотосодержащего оруденения во флюидно-эксплозивных структурах — аналогах месторождений Дорногоцкого УРУ Монголии. В Центральном районе Монголии, Чикойском, Оловском и Даурском районах России целесообразно изучить геологические обстановки, благоприятные для локализации оруденения в березитах и эйситах (гранитный тип). К этому типу относятся крупные промышленные месторождения Центральной Европы и многочисленные эксплуатируемые месторождения Китая. В Северо-Монгольской провинции не исключена возможность выявления оруденения в девонских ВТС, сложенных андезит-риолитовой формацией (по аналогии с ВТС Казахстана), и в связи с черносланцевыми толщами.

Перспективы выявления новых промышленных месторождений в позднемезозойско-кайнозойских депрессиях Гобийской УРП и бассейнах Северного Китая (Ордос, Эрлян, Сунляя и др.) не вызывают сомнений; в России этот тип уранового оруденения развит более ограниченно. Ситуация, аналогичная месторождению Харат, заслуживает изучения в западной части Чикойского УРР, где угленосные породы гусиноозерской серии налегают на юрские высокорadioактивные лейкограниты. В Монголии абсолютно не изучено возможное развитие зон пластового и грунтового окисления в мезозойско-кайнозойских отложениях Котловины Больших озер и Долины озер Северо-Монгольской УРП. Проявленность рудообразующих процессов в связи с зонами пластового окисления целесообразно изучить в Онгийнольской и в южном борту Тамцагской впадин Гобийской УРП. Интерес для поисков урана палеодолинного типа представляют Чулутский ПУРУ и Орхонская площадь Хангая, Присубхугулье и плато Дариганга, где под покровами базальтов вероятны меловые и неогеновые долины, а также ряд депрессий Северо-Восточного Китая (Хэши и др.). Урановоугольные месторождения, аналогичные объектам Кольджат и Нижне-Илийское в Южном Казахстане, эксплуатируются в западных и восточных районах Китая. В Монголии для поисков урановоугольных месторождений интерес представляют Алтайские межгорные угленосные депрессии на западе страны в Долине озер; для России этот тип не рассматривается как перспективный. Гранитные массивы Монголии и Северо-Восточного Китая представляют интерес на оруденение урановой формации в зонах

глинисто-цеолитовых изменений (чикойский тип). В России дальнейшего изучения на чикойский тип заслуживают Даурский УРР и нестандартные геологические ситуации в Чикойском УРР. Установленные закономерности размещения уранового оруденения свидетельствуют о реальных перспективах выявления как определившихся, так и новых для России, Монголии, Китая типов промышленных месторождений урана в восточной части Центрально-Азиатского пояса.

Глава 4. КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО ПОТЕНЦИАЛА УРАНА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНО-АЗИАТСКОГО ПОДВИЖНОГО ПОЯСА

ЧЕТВЕРТОЕ ЗАЩИЩАЕМОЕ ПОЛОЖЕНИЕ. Комплексная оценка минерально-сырьевого потенциала урана заключается в научно аргументированном подсчете количества запасов и ресурсов и определении их стоимости в недрах с соблюдением принципов системности, рентабельности и учета мировой цены конечного продукта. Апробированные результаты оценки служат основой развития минерально-сырьевой базы урана восточной части Центрально-Азиатского подвижного пояса.

Комплексная оценка минеральных ресурсов в недрах – традиционное направление исследований металлогенической школы ВСЕГЕИ, имеющей опыт практического применения минерально-сырьевого и стоимостного анализа в современных экономических условиях конкурентной среды [Богданов, Неженский, 2001].

Методические основы и принципы комплексной оценки минерально-сырьевого потенциала урана. В работе использован вариант расчета потенциальной стоимости запасов и прогнозных ресурсов (минерально-сырьевой потенциал как верхний предел национального богатства), при котором количество разведанных запасов категорий А, В, С₁, С₂ и прогнозных ресурсов всех категорий приводится к количеству запасов промышленных категорий на основе применения статистически определенных коэффициентов вероятности их подтверждения, коэффициентов разубоживания, потерь и сквозного извлечения в ценах на дату оценки. Именно такой подход рекомендуется для определения величины общего минерально-сырьевого потенциала недр и его практического использования [Богатство недр России, 2008]. Обязательное применение стоимостной оценки участков недр установлено ст. 23-1 «Закона о недрах» в 1998 г. Комплексная оценка в конечном счете определяет прогнозно-экономическую эффективность геологически исследуемого участка недр.

Основными принципами комплексной оценки урановорудных объектов разных иерархических уровней являются принципы системности, вероятностных оценок и последовательных приближений в определении степени разумного экономического риска и принцип рентабельности. Последний имеет главное значение, выраженное через сопоставление конечных результатов, и обеспечивает минимально приемлемую прибыль на инвестируемый капитал с учетом мировой цены. Все принципы должны рассматриваться совместно.

Результаты комплексной оценки минерально-сырьевого потенциала урана. Она включает количественную оценку запасов и ресурсов и денежную оценку их стоимости в недрах. Методика комплексной оценки рассмотрена на примере Монголии.

Количественная оценка запасов и прогнозных ресурсов выполнена с использованием различных методик: оценка прогнозных ресурсов методом геохимического баланса, основанная на статистической связи прогнозных ресурсов с запасами валового и подвижного урана в специализированных на уран геологических формациях (радиогеохимическая модель № 1 СПГО); регрессионный метод (метод построения идентификационных уровней), основанный на использовании при оценке прогнозных ресурсов, установленных на эталонных объектах связей между интенсивностью оруденения и группой количественно измеряемых геохимических признаков (радиогеохимическая модель № 2 СПГО); определение прогнозных ресурсов на основе обобщенной геологической модели, созданной по совокупности признаков, тесно связанных с запасами урана изученных районов Восточной Монголии и Забайкалья. Среди информативных признаков – практически все региональные прогнозные критерии (обобщенная геологическая модель) при преобладающей роли радиогеохимических характеристик (радиогеохимическая модель); методика ВСЕГЕИ (безэталонная геохимическая модель); метод экспертных оценок, использующий оценки предшественников, данные повторных экспертиз, учитывающий результаты работ последних лет и современные взгляды на перспективы ураноносности исследуемой территории.

Главная методологическая сложность, возникающая при применении любой методики, заключается в необходимости использования адекватной геологической основы всей изучаемой территории. Такая основа должна обеспечить обоснованное выделение блоков площадью 10^3 – 10^4 км² как геотектонических эквивалентов металлогенического таксона ранга урановородного района. Деление территории на блоки данного ранга проведено с учетом общепринятых границ выделяемых террейнов, а в пределах последних – по относительному единству структурно-вещественных комплексов и истории геологического развития. В результате выполненной работы территория Монголии поделена на 127 блоков средней площадью 12,3 тыс. км². Для каждого из них различными методами рассчитаны прогнозные ресурсы урана.

Запасы и прогнозные ресурсы урана классифицированы по следующим признакам: принадлежности к рудным формациям, типам и возрасту промышленных месторождений, рудным районам, а среди категорий учета в каждой из групп – по себестоимости. Внутри каждой учетной группы выделяются достоверные, дополнительные запасы и прогнозные ресурсы. В зависимости от величины оценки прогнозных ресурсов урана районы подразделяются на следующие категории перспективности: 1 – рудные районы с определившимися промышленными перспективами, запасы и прогнозные ресурсы которых составляют в совокупности более 90 тыс. т урана; 2 – потенциально рудные районы различной перспективности с ресурсами 75–25 тыс. т.

Общие запасы и ресурсы урана Монголии составляют 1470 тыс. т. При этом к достоверным и дополнительным относятся 80 тыс. т урана,

т.е. 5,4% общей оценки. Основу сырьевой базы (757 тыс. т ресурсов, 52% от общей оценки) составляют гидрогенные объекты в связи с зонами грунтового и пластового окисления (гобийский тип). Второе место принадлежит жильно-штокерковому оруденению в позднемезозойских вулканогенных комплексах (стрельцовский тип), ресурсы которого оцениваются в 313 тыс. т (21% от общей оценки). Довольно высоко (180 тыс. т ресурсов урана, или 12% общей оценки) перспективы оруденения в зонах дробления лейкократовых гранитов. Удельный вес остальных типов уранового оруденения в балансе ресурсов урана Монголии относительно невелик (в сумме 15%) [Миронов, 2003]. Изложенный подход к количественной оценке ураноносности с применением комплекса методов был использован при оценке ресурсов Восточной Сибири [Миронов, 1994] и может быть рекомендован для практического применения в других крупных регионах.

Оценка стоимости запасов и ресурсов урана в недрах. Важнейшей задачей любого государства является денежная оценка стоимости минерально-сырьевого потенциала недр как составной части национального богатства. Достижение этой цели возможно на основе оценки потенциальной стоимости установленных перспективных и локализованных прогнозных ресурсов и предварительно оцененных запасов путем их приведения к запасам урана промышленных категорий в ценах на дату оценки [Богатство недр России, 2008]. Потенциальная стоимость рассчитывается с учетом мировой цены единицы конечной продукции, коэффициентов приведения и сквозного извлечения. Основной принцип, принятый при определении стоимости минерально-сырьевых ресурсов в недрах, – стоимость может быть определена путем уменьшения мировой цены на конечный продукт на ту долю, на которую прогнозные ресурсы или запасы «не доведены» до конечного продукта или путем взятия от мировой цены только той доли, которая отвечает уже приведенным работам по изучению и освоению недр [Неженский, Павлова, 1995]. В результате количественной оценки запасов и прогнозных ресурсов и с учетом данных геологоразведочных работ последних лет общая сумма приведенных запасов урана к запасам промышленных категорий составляет 349 тыс. т и сопоставима с разведанными запасами крупных УРР России (Эльконский, Стрельцовский) и Казахстана. Общая денежная оценка приведенных запасов урана в недрах Монголии равна 13,9 млрд дол. Рекомендуемая мировая цена единицы конечной продукции (50 дол./кг) принята в соответствии с расчетами по РФ. Полученная величина денежной оценки стоимости весьма существенна и сопоставима со значениями денежных оценок минерально-сырьевых баз крупных регионов мира.

В качестве основы оценки минерально-сырьевого потенциала может быть принята стоимость в недрах разведанных запасов, т.е. денежная оценка извлекаемой части урановых руд, выраженная в ценах на дату оценки. Она составляет 4,15 млрд дол. и отражает по сути весьма значительный инвестиционный потенциал национального богатства недр Монголии. Реальная стоимость запасов и прогнозных ресурсов составляет лишь часть их потенциальной стоимости, т.е. стоимости конечного продукта. Условно эта стоимость может быть названа товарной стоимостью, она составляет 1563 млрд дол. [Миронов, 2009]. Полученные

данные являются основой планирования геологоразведочных на уран и добычных работ в перспективных УРР.

Минерально-сырьевой потенциал урана стран Центральной Азии. Состояние запасов и ресурсов урана является важным показателем экономики государства.

Россия. Проблемы минерально-сырьевого потенциала урана РФ определяются не только существующими потребностями в урановом сырье, но и в значительной мере состоянием мировой экономики и конъюнктурой мирового рынка. Мировые потребности урана постоянно возрастают и опережают его производство. Современные годовые потребности России в уране составляют 19,3 тыс. т, а добыча – 3,3 тыс. т (20% ежегодных потребностей). В дальнейшем при росте производства урана в РФ будет наблюдаться его постоянное отставание от потребностей.

Общие запасы урана РФ ($B+C_1+C_2$) составляют 656 тыс. т, среди которых 67,7% запасы категории C_2 . Около 95% запасов сосредоточено в Сибирском (Стрельцовский и Витимский УРР) и Дальневосточном (Эльконский УРР) федеральных округах. Запасы распределенного фонда составляют 33% суммарных разведанных запасов России. В нераспределенном фонде государственного баланса по состоянию на 01.01.2009 г. числится 40 месторождений [Машковцев и др., 2008]. Наиболее привлекательными являются объекты Эльконского и Витимского УРР, месторождение Ласточка в Хабаровском крае, объекты Западной Сибири – месторождения Приморское, Онкажинское, Усть-Уюк. За последние годы Федеральное агентство по недропользованию выдало лицензии на отработку 21 резервного уранового месторождения, суммарные разведанные запасы которых составили 411,5 тыс. т, так что доля нераспределенного фонда на 01.01.2008 г. понизилась до 19%, а общие запасы нераспределенного фонда составили около 125 тыс. т [Бавлов, Машковцев, 2008]. Наиболее перспективные площади, рудопроявления и месторождения урана (их всего 135) постановлением Правительства РФ от 05.02.2009 г. по своей важности отнесены к участкам недр федерального значения.

По состоянию на 01.01.2008 г. оценка прогнозных ресурсов урана РФ составила: P_1 – 130,5, P_2 – 697,5, P_3 – 1285 тыс. т [Машковцев и др., 2008]. Из них 60% приходится на горный способ отработки и 40% пригодны для скважинного подземного выщелачивания. Наибольшее количество прогнозных ресурсов сконцентрировано в Сибирском (55,8%) ФО, 19,8% приходится на Уральский округ и 11,3% – на Северо-Западный ФО. В Сибирском ФО наиболее рудонасыщенной является территория Забайкалья, которая в совокупности с территорией Монголии представляет исключительный регион Центральной Азии с высоким урановым потенциалом. В Забайкалье открыто 70 урановых месторождений и выявлено 486 рудопроявлений урана, в Монголии – 9 месторождений и более 100 рудопроявлений, оценка ресурсов которых приведена выше. Все месторождения и более мелкие объекты Монголо-Забайкальской мегапровинции расположены в 19 УРР Забайкалья, в их числе четыре промышленных – Урулжонгуевский, Витимский, Оловский, Чийокский и один ПУРР – Южно-Витимский. В Монголии выделено 8 УРР, в их числе Северо-Чойбалсанский промышленный и 7 потенциально промышлен-

ных [Миронов и др., 2008]. Прогнозируемая динамика производства урана свидетельствует, что Забайкалье станет его основой в России. Из месторождений Урулунгуевского, Витимского, Южно-Витимского, Чикойского, Оловского УРР к 2010 г. будет добыто более 80% российского урана, а к 2015 — 67%. Общая стоимость инвестиций в урандобывающую отрасль РФ до 2015 г. составит 203 млрд руб. [Машковцев, 2008].

Одним из важных путей повышения производства урана в России является создание совместных предприятий и закупка урана в Казахстане, Узбекистане, Украине и Монголии. Общий объем ввозимого из этих стран урана к 2020 г. ожидается в объеме 8,0 тыс. т.

Казахстан является самой динамичной страной в мире по добыче и производству урана. С 2004 г. его производство увеличилось в два раза и в 2007 г. составило 6638 т. К 2030 г. Казахстан планирует увеличить производство урана до 30 000 т и занять первое место в мире, обогнав Канаду и Австралию. Себестоимость 1 кг урана в этой стране одна из самых низких и составляет 20–27 дол./кг [Язиков, 2008], созданы привлекательные условия для инвестирования. Ни в одной стране мира не привлечено к добыче урана так много стран и фирм — здесь работают Канада, Франция, Россия, Япония, Китай, Южная Корея. Казахстан ставит своей целью обеспечить 40% потребностей АЭС Японии, имеет соглашение с Китаем о совместной добыче урана, строительстве и эксплуатации ядерных реакторов. Казахстан занимает второе место в мире по запасам урана: менее 40 дол./кг — 517 300 т, менее 80 дол./кг — 751 600 т и менее 130 дол./кг — 817 300 т. Из них 50% месторождений отнесено к песчаниковому типу, 46,7% — к жильному и жильно-штокерковому, 3,3% — к другим типам [Язиков, 2008]. По данным МАГАТЭ известные урановые ресурсы Казахстана составляют 857 960 т, причем половина из них (433 940 т) имеет себестоимость менее 40 дол./кг. Казахстан активно проводит поисково-оценочные работы на уран: в 2007 г. затраты на ГРП превысили 26 млн дол.

Узбекистан. По данным МАГАТЭ за 2008 г. извлекаемые запасы урана республики по цене менее 130 дол./кг оценены в 111 000 т, по цене менее 80 дол./кг — 86 200 т. Общие ресурсы урана составляют 260 тыс. т, из них 189,7 тыс. т — песчаниковый тип и 70,3 тыс. т — черносланцевый тип. Плановое производство в 2007 г. составило 2300 т, объем геологоразведочных работ в денежном выражении в том же году составил 21,1 млн дол., плановый прирост запасов 14 тыс. т. Основные разведанные и перспективные запасы и прогнозны ресурсы урана страны сконцентрированы в Центрально-Кызылкумской УРП. Общие запасы и ресурсы урана составляют соответственно 164 941 и 219 704 т [Тарханов, 2002, 2008]. Большая часть запасов песчаникового типа может быть отработана способом СПВ при затратах менее 40 дол./кг. Из 47,0 тыс. т урана в углеродистых толщах 36,0 тыс. т могут быть отработаны открытым горным способом с кучным выщелачиванием при затратах до 40 дол./кг. Незразведанные традиционные ресурсы (EAR-II-AP или P_1+P_2) по состоянию на 01.01.07 г. составляют 242,7 тыс. т. В настоящее время в разработке находится 8 месторождений песчаникового типа, общее количество запасов которых составляет 28% от всех достоверных запасов.

Kumai – страна с интенсивно развивающейся экономикой и ростом производства электроэнергии на АЭС – располагает следующими извлекаемыми запасами урана (по состоянию на 01.01.2007 г.): при себестоимости менее 40 дол./кг – 39 300 т, менее 80 дол./кг – 61 900 т, менее 130 дол./кг 67 900 т (доля в мире 1,4%). Всего в стране известно более 200 урановых месторождений, 74% из них сконцентрировано в провинциях Цзянси, Хунань, Гуандун и Гуанси. Среди них выделяются четыре главных типа: в гранитах (38,11% запасов урана), в песчаниках (21,44%), в вулканитах (19,51%), в углеродисто-кремнистых породах (14,4%). Большинство гидротермальных урановых месторождений – мелкие и средние, часто встречаются группами. Наиболее крупный урановый узел Сиан-Шань, запасы которого составляют 26 тыс. т, локализуется в позднемезозойской ВТС. Определенное количество запасов и ресурсов гидротермального типа выявлено в бассейнах Или, Эрлен, Ордос, Баянтала, Сунляо, Хуанхэ. Потенциальные ресурсы Китая, по данным Пекинского НИИ урановой геологии (2002), оцениваются в 1–2 млн т. Геолого-разведочные работы ориентированы на поиски месторождений, пригодных для эксплуатации методом скважинного подземного выщелачивания [Lu J et al., 2004].

В целом по состоянию на 01.01.2007 г. прогнозные ресурсы урана государств Азии составляли 2921,6 тыс. т, общие запасы 1081,9 тыс. т, что соответствует четверти мировых ресурсов и запасов [Тарханов, Шаталов, 2008].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Металлогения урана восточной части Центрально-Азиатского подвижного пояса определяется эволюцией рифтогенных, тафрогенных и платформенных структур, наложенных на структурно- и радиогеохимически гетерогенный субстрат в области взаимодействия древних Сибирской и Северо-Китайской платформ, палеозоид и мезозоид Центрально-Азиатского и Тихоокеанского подвижных поясов, кайнозойских коллизионных сооружений Альпийско-Гималайского пояса. Определенному типу геотектонических структур соответствует определенный геолого-промышленный тип уранового оруденения, сформировавшегося в главные урановорудные эпохи – позднемезозойскую и мезозойско-кайнозойскую.

Для восточной части пояса определилось промышленное значение эндогенного оруденения фтор-молибден-урановой формации в поздне-мезозойских вулканотектонических структурах и их фундаменте (стрельцовский тип) и экзогенного оруденения урановой формации в терригенных отложениях мезозойско-кайнозойских депрессий (впервые выделяемый гобийский тип), а также оруденения урановой формации в зонах глинисто-цеолитовых изменений (чикойский тип); намечены перспективы оруденения урановой формации в терригенных отложениях кайнозойских палеодолин (витимский тип). Для каждого из типов урановых месторождений разработан комплекс прогнозных критериев и признаков промышленной ураноносности, проанализирована их проявленность. Выделены урановорудные и потенциально урановорудные районы и

узлы, заслуживающие дальнейшего изучения. Установлено, что наиболее благоприятным субстратом для развития масштабного эндогенного оруденения являются кратонные террейны и сводовые поднятия, а в их пределах – длительно развивающиеся очагово-купольные структуры (гранито-гнейсовые купола) – объекты иерархического уровня УРР. Для развития масштабного экзогенного рудообразования решающее значение имеют вещественные особенности обрамления и выполнения депрессионных структур и их эволюция в позднем мезозое и кайнозое.

Подтверждена роль крупных тектонических нарушений в формировании рудоносных структур и их систем, в контроле рудоподготовительных и рудосопровождающих процессов и в размещении урановых и других рудных объектов.

На основе системного анализа условий локализации, особенностей формирования и закономерности размещения промышленного уранового оруденения выделены благоприятные критерии (тектонические, структурно-формационные, радиогеохимические, палеогеографические, минералогические) и признаки, использованные для целей прогноза и металлогенического районирования. Для объектов фтор-молибден-урановой формации определены локальные критерии промышленной ураноносности и разработаны принципы крупномасштабного прогнозирования.

Промышленное значение экзогенного уранового оруденения обусловило необходимость прогнозной оценки многочисленных депрессий Забайкалья, Монголии и Северного Китая, в пределах которых в качестве рудообразующих выступают экзогенные процессы, вызванные деятельностью вадозных вод, формирующих зоны пластового и грунтового окисления в проницаемых породах мезозоя и кайнозоя. Экзогенные рудообразующие системы функционировали в тафрогенной, орогенной и эвстатической геотектонических обстановках. Определение пространственного положения этих систем и их элементов – областей питания подземных вод, путей пробега, зон геохимического барьера и рудолокализации, областей разгрузки вод – суть последовательного приближения от регионального к локальному прогнозу.

Комплексная оценка минерально-сырьевого потенциала урана включает научно обоснованный подсчет количества запасов и ресурсов урана и определение их стоимости в недрах на основе принципов системности, рентабельности и учета мировой цены конечного продукта. Минерально-сырьевой потенциал урана недр объективно определен на основе разработанных принципов и методов комплексной оценки. Используемые для количественной оценки ресурсов России и Монголии методические приемы подтвердили качество, надежность и достоверность результатов. Запасы и прогнозные ресурсы классифицированы по типам промышленных месторождений, рудным районам, а среди категорий учета в каждой из групп – по себестоимости. Внутри каждой учетной группы в соответствии с себестоимостью выделены достоверные запасы, дополнительные запасы и прогнозные ресурсы. В зависимости от величины общего минерально-сырьевого потенциала урана районы Монголии и Забайкалья подразделены по степени перспективности на ряд категорий. Потенциальная стоимость урана в недрах Мон-

голии, определенная с учетом мировой цены конечного продукта, сопоставима со значениями денежных оценок минерально-сырьевого потенциала урана других стран Азии. Характеристика состояния минерально-сырьевых баз урана России, Монголии и других государств Центральной Азии свидетельствует о важном значении месторождений урана этого региона в мировом балансе урана. Апробированные результаты оценки минерально-сырьевого потенциала урана и анализ ураноносности исследованной территории служат основой рекомендаций по дальнейшему проведению геологоразведочных на уран работ. Реальные перспективы выявления новых урановых месторождений ведущих геолого-промышленных типов и неравномерная степень изученности восточной части Центрально-Азиатского подвижного пояса делают этот регион одним из привлекательных для государственных и частных инвестиций.

Основные публикации по теме диссертации

Афанасьев А.М., Будунов А.А., **Миронов Ю.Б.** Новые данные по гидrogenным месторождениям Монголии // Материалы II Междунар. конф. Томск, 2004. — С. 63–65.

Афанасьев А.М., **Миронов Ю.Б.** Урановый потенциал молодых плит Евразии. // Регион. геология и металлогения. 2007. № 32. — С. 121–126.

Афанасьев Г.В., **Миронов Ю.Б.** Урановые провинции купольных структур. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2009.

Бузовкин С.В., **Миронов Ю.Б.** Современные классификации урановых месторождений и возможности их использования // Тез. Второго междунар. симпозиума «Уран: ресурсы и производство». М.: ВИМС, 2008. — С. 26.

Высокоостровская Е.Б., **Миронов Ю.Б.**, Чулуун О. Радиогеохимическая характеристика геологических образований Монголии // Разведка и охрана недр. 2007. № 4. — С. 32–44.

Карта топливно-энергетических ресурсов (углеводороды, уголь, уран, горючие сланцы, термальные воды, торф) территории РФ / О.В. Петров, В.И. Вялов, **Ю.Б. Миронов** и др. // Труды XXXIII сессии МГК. Осло, 2008.

Минерагеническая карта / Г.А. Шатков, Э.М. Пинский, Н.С. Соловьев, С.П. Шокальский, В.П. Феоктистов, В.В. Шатов, **Ю.Б. Миронов** и др. // Атлас геологических карт Центральной Азии масштаба 1 : 2 500 000 / Ред. О.В. Петров, А.Ф. Морозов, Е.А. Киселев (Россия), Дун Шувэн (Китай), Б.С. Ужкенов (Казахстан), О. Чулуун, Д. Джавхлайбалд (Монголия), Бок Чул Ким (Республика Корея). СПб.: ВСЕГЕИ, 2007.

Миронов Ю.Б. Особенности геологического строения и металлогении Восточной Монголии // Геология и разведка недр МНР: Тез. докл. участников Междунар. научно-практич. конф., посвященной 50-летию геологической службы МНР. Улан-Батор, 1989. — С. 22–23.

Миронов Ю.Б., Бровин К.Г. и др. О новом промышленном генетическом типе рудных объектов в нелитифицированных отложениях Восточной Монголии // Литология и пол. ископ. 1990. № 2. — С. 16–20.

Миронов Ю.Б., Давиденко В.М., Петров В.А., Филоненко Ю.Д. Структурно-петрофизические условия локализации уранового оруденения в вул-

кано-тектонических сооружениях // Геология рудн. м-ний. 1998. № 2. — С. 49—57.

Миронов Ю.Б. Старченко В.В. Минерально-сырьевые ресурсы Забайкалья // Труды XI Междунар. конф. «Минерально-сырьевые ресурсы стран СНГ» (MIRR-2004). СПб., 2004.

Миронов Ю.Б. Уран Монголии. Изд. второе. СПб.: Изд-во «Анатолия», 2006. — 328 с.

Миронов Ю.Б. Закономерности размещения оруденения и перспективы развития минерально-сырьевой базы урана Монголии: Материалы междунар. конф., посвященной 75-летию российско-монгольского сотрудничества в области геологии. Улан-Батор, 2006. — С. 76—79.

Миронов Ю.Б. Металлогения урана Монголии // Тр. XXXIII сессии МГК, Осло, 2008. — С. 124—127.

Миронов Ю.Б., Бузовкин С.В. Металлогенетический потенциал урана РФ // Разведка и охрана недр. 2008. № 10. — С. 19—36.

Миронов Ю.Б., Грушевой Г.В. Роль новейших геодинамических процессов в формировании гидрогенного уранового оруденения на юге Евразийского континента // Уран Казахстана. Алматы: Казатомпром, 2008. — С. 92—98.

Миронов Ю.Б., Грушевой Г.В., Печенкин И.Г. Связь металлогении урана с новейшими геодинамическими процессами на востоке Евразийского континента // Регион. геология и металлогения. 2008. № 34. — С. 79—91.

Миронов Ю.Б. Закономерности размещения оруденения и принципы геолого-экономической оценки минерально-сырьевого потенциала недр Монголии: Материалы III Междунар. конф. «Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека», Томск, 23—27.06.2009. Томск, 2009. — 20 с.

Миронов Ю.Б. Минерально-сырьевая база РФ: Труды VIII Междунар. форума ТЭК. СПб., 2009.

Миронов Ю.Б. Особенности формирования и размещения крупных эндогенных урановых и комплексных месторождений // Регион. геология и металлогения. № 38. 2009. — С. 89—101.

Миронов Ю.Б., Модников И.С. Петрохимические и геохимические особенности мезозойского магматизма и ассоциирующих с ним месторождений Северо-Чойбалсанского района // Сов. геология. 1990. № 6. — С. 20—26.

Миронов Ю.Б., Олейников Р.М., Лемещенко Г.В. Принципы прогнозирования урановых месторождений в вулкано-тектонических структурах (на примере ДВТС) // Материалы школы-семинара по крупномасштабному прогнозированию: Материалы по геологии урановых месторождений: Инф. сб. Вып. 116. М.: ВИМС, 1986. — С. 23—29.

Миронов Ю.Б., Самович Д.А., Бузовкин С.В. Металлогения урана юга Восточной Сибири // Регион. геология и металлогения. 2007. № 32. — С. 75—88.

Миронов Ю.Б., Самович Д.А., Бузовкин С.В., Наумов С.С. Урановый потенциал Забайкалья и Монголии: Тезисы Второго междунар. симпозиума «Уран: ресурсы и производство». М.: ВИМС, 2008. — С. 76.

Миронов Ю.Б., Соловьев Н.С., Львов В.К., Печеркин Ю.Н. Особенности геологического строения и рудоносности Дорнотской вулкано-текто-

нической структуры (Восточная Монголия) // Геология и геофизика. 1989. № 9. – С. 22–32.

Миронов Ю.Б., Соловьев Н.С., Шлейдер В.А., Максимов Е.А. Урановые месторождения МНР // Промышленные месторождения МНР / Гл. ред. В.Н. Чеботарев, З. Барас. – Улан-Батор, 1991. – С. 91–121.

Миронов Ю.Б., Харламов М.Г., Бузовкин С.В. и др. Карта урановородных и ураноносных объектов территории РФ масштаба 1 : 5 000 000: Труды XI Междунар. конф. «Минерально-сырьевые ресурсы стран СНГ» (MIRR-2004). СПб., 2004.

Миронов Ю.Б., Чернов В.Я. О прогнозных критериях и факторах формирования крупных эндогенных урановых и комплексных месторождений // Регион. геология и металлогения. 2007. № 32. – С. 75–88.

Миронов Ю.Б., Шувалов Ю.М. О научных основах расширения минерально-сырьевой базы России // Разведка и охрана недр. 2008. № 9. – С. 21–26.

Модников И.С., Ищукова Л.П., **Миронов Ю.Б.** и др. Изобретение «Способ выделения ураноносных локальных блоков земной коры» // Авторское свидетельство № 330276. Гос. Комитет по изобретениям. – М., 1991.

Урановые месторождения Монголии / Ред. **Ю.Б. Миронов**, Ю.М. Шувалов. СПб., 2009. – 299 с.

Mironov Yu.B. Rogov Yu.G. The uranium bearing of Mongolia. Vol. I, II. Ulaanbaator, 1992. P. 620.

Mironov Yu.B. The uranium resources of Mongolia // Recent developments in uranium resources and supply. Vienna. IAEA, 1995. – P. 177–191.

Mironov Yu.B. Uranium metallogeny in Mongolia // Understanding the genesis of ore deposits to meet the demands of the 21st century 12th Quadrennial IAGOD symposium. Mongolia. 2006. – P. 5.

Mironov Yu.B. Uranium of Mongolia. CERCAMS. London, 2006. – 229 p.

Mironov Yu.B. Uranium Deposits in Mongolia: Emplacement, Patterns and Potential // Proc. of the Ninth Biennial Meeting of the Society for Geology Applies to Mineral Deposits Dublin, Ireland 20th–23rd August 2007. 2007. – P. 67–74.

Mironov Yu.B. Uranium Resources and Potential in Mongolia // General Rules, Regulations and Procedure for «Discovery Mongolia 2007». Fifty international mining investors forum. November 8–10, 2007. Ulaanbaator, Mongolia. 2007. – P. 15.

Mironov Yu.B. Source of uranium in complex uranium deposits // Joint annual meeting GAC-MAC-SEG-SGA Quebec, 2008. – P. 58–71.

Mironov Yu.B. Uranium potential of Russia. Global uranium symposium, 2009, May 9–13. Keystone, Colorado, USA. 2009.

Подписано в печать 30.07.2009. Формат 60 × 84/16
Бумага типографская. Печать офсетная.
Печ. л. 2,25. Уч-изд. л. 2,4. Тираж 120 экз.
Зак. №
ЛП № от ; ПЛД № от
Типография
Адрес:
тел./факс

