

УДК 553.04 (470)

Машковцев Г.А., Гребенкин Н.А., Мигута А.К.,  
Щеточкин В.Н. (ФГУП «ВИМС»)**ПЕРСПЕКТИВЫ УРАНОНОСНОСТИ ЮЖНОГО ОБРАМЛЕНИЯ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ**

*Рассмотрено современное состояние минерально-сырьевой базы урана России и возможности ее расширения и совершенствования. Показано, что одной из наиболее перспективных для выявления крупных эндогенных месторождений урана является протяженная зона южного обрамления Восточно-Сибирской плиты. С использованием разработанной ранее эволюционно-геологической модели масштабного уранового рудогенеза выделен ряд конкретных районов, рекомендуемых для проведения опережающих прогнозно-геологических, ревизионных и поисковых работ. **Ключевые слова:** уран, минерально-сырьевая база, рудогенетические модели, рудоперспективные районы, прогноз, поиски.*

Mashkovtsev G.A., Grebenkin N.A., Miguta A.K., Shchetochkin V.N. (VIMS)

**URANONOSNOSTI'S PROSPECTS OF THE SOUTHERN FRAME EAST SIBERIAN PLATE**

*The current state of mineral resources of uranium of Russia and possibility of its expansion and improvement is considered. It is shown that one of the most perspective for identification of large-scale endogenous deposits of uranium is the extended zone of the southern frame of the East Siberian plate. With use of the developed earlier evolutionary and geological model of a large-scale uranium rudogenез a number of the concrete areas recommended for carrying out the advancing expected and geological, auditing and search works is allocated. **Key words:** uranium, mineral resources, rudogeneticheskyy models, rudoperspektivnyy areas, forecast, searches.*

Стратегией развития энергетического дивизиона Росатома до 2030 г. предусматривается практически удвоение производства электроэнергии к конечному этапу планируемого периода, что повлечет за собой соответствующее увеличение потребления урана с современных 4,5 до 8 тыс. т в год. Кроме того, для обеспечения потребностей в природном уране зарубежных АЭС, построенных по советским проектам, и планируемого сооружения новых, главным образом в странах азиатско-тихоокеанского региона, необходима дополнительная ежегодная поставка ядерного топлива на уровне 8–9 тыс. т в пересчете на природный уран. В текущий период при годовом производстве металла в России и на совместных предприятиях в Республике Казахстан порядка 7–7,5 тыс. т, а внутренних и экспортных потребностей на уровне 18 тыс. т, дефицит ядерного сырья составляет около 10 тыс. т. Этот дефицит покрывается складскими запасами и накопленным при глубоком обогащении отвальным ураном. Однако

к 2025–2030 гг. складские запасы в значительной степени будут исчерпаны и весь объем потребностей в ядерном топливе придется покрывать за счет освоения собственной минерально-сырьевой базы (МСБ) и зарубежных совместно осваиваемых объектов.

Минерально-сырьевая база урана РФ достаточно велика, она включает около 700 тыс. т балансовых запасов и порядка 720 тыс. т прогнозных ресурсов кат.  $P_1$  и  $P_2$ . Однако учтенные ГКЗ балансовые запасы урана, сосредоточенные в осваиваемых Стрельцовском, Витимском, Зауральском и в резервном Эльконском районах, характеризуются сравнительно низкими качественными показателями — доля запасов экономической категории менее 80 долл. США за кг урана, наиболее приемлемая для освоения в современных условиях, не превышает 9 %. При этом запасы урана крупнейшего Эльконского района принадлежат наиболее дорогостоящей категории (более 130 долл. США за кг урана), что обуславливает замораживание и перенос их освоения на долгосрочную перспективу. Прогнозные ресурсы урана достаточно велики, но доля наиболее достоверной кат.  $P_1$  не превышает 7 % от их общего объема. В то же время прогнозные ресурсы кат.  $P_3$ , составляющие значительную величину — около 1500 тыс. т, являются базовыми для развития МСБ. Они размещаются главным образом на территории Восточной Сибири и Дальнего Востока в пределах районов, перспективных для развития опережающих геолого-геофизических и поисковых работ на уран. Планы их реализации на среднесрочную перспективу изложены в Государственной подпрограмме воспроизводства и использования природных ресурсов (ВИПР) и межотраслевым Плане совместных действий МПР, Росатома и Роснедр.

Цель всего комплекса исследований — выявление новых рудных районов и месторождений с приемлемыми геолого-экономическими параметрами. К категории подобных объектов относятся расположенные на территории РФ экзогенные месторождения в песчаниках, разрабатываемые способом скважинного подземного выщелачивания (СПВ), а также гидротермальные жильно-штокерковые месторождения в вулканотектонических структурах (ВТС), в зонах древних структурно-стратиграфических несогласий (ССН) и в других геологических обстановках.

Перспективы выявления новых экзогенных урановых объектов достаточно ограничены. Они имеются в пределах осваиваемого Витимского района в Бурятии и на Дальнем Востоке, в областях развития осадочных формаций депрессионных структур. Ресурсный потенциал Зауральского района ограничен тремя экзогенными месторождениями в палеорусле — осваиваемыми Далматовским, Хохловским и резервным Добровольным, и дальнейшее его расширение не имеет существенных перспектив. Другие районы, сопоставимые с крупными рудоносными осадочными структурами Казахстана и Средней Азии, на территории России от-

сутствуют. В связи с этим основным направлением по воспроизводству рентабельных для освоения запасов урана является обнаружение и оценка районов с крупными эндогенными месторождениями богатых руд под горный способ отработки. Перспективные на выявление месторождений этих типов районы размещаются главным образом на обширных площадях развития благоприятных структурно-формационных обстановок Восточной Сибири и Дальнего Востока.

В предыдущие годы на значительных территориях России, представлявшихся по геологическим данным потенциально ураноносными, поверхностный и приповерхностный уровни земной коры были достаточно достоверно изучены и оценены на уран аэrorадиометрическими и наземными радиометрическими исследованиями, что привело к выявлению целого ряда урановых месторождений и рудных районов. Однако сейчас, когда возможности обнаружения легкооткрываемых месторождений практически исчерпаны, основные перспективы выявления новых объектов должны быть связаны с опискованием более глубоких горизонтов, ранее слабо изучавшихся даже в пределах определенных рудных районов и провинций.

Последние десятилетия характеризуются низкой результативностью поисковых работ, что с нашей точки зрения связано с их сосредоточением на ранее изучавшихся проявлениях урана и локальных ураноносных участках. Стремление к опискованию подобных участков недр объясняется двумя причинами: уже установленной проявленностью оруденения и возможному быстрому получению положительных результатов по приросту ресурсов урана с одной стороны, а с другой — ограниченностью финансовых средств и, соответственно, объемов полевых работ, в первую очередь бурения, которые требуются для реализации полного стадийного комплекса геологоразведочных работ на новых перспективных площадях. Однако опыт подобных работ в большинстве случаев указывает на объективную достоверность ранее проведенных поисков и оценки и отсутствие перспектив существенного расширения сырьевых ресурсов изучавшихся участков недр.

Такая ситуация может создавать ошибочное мнение об исчерпанности перспектив выявления в тех или иных районах эндогенных урановых месторождений. Однако представляется очевидным, что современное положение урановорудных объектов в разрезе земной коры в значительной мере связано с характером и интенсивностью пострудных, в том числе неотектонических движений крупных ураноносных геоблоков. Подтверждением этого являются установленные факты различного положения в разрезе земной коры целого ряда известных гидротермальных объектов, первоначально сформированных на определенных глубинах, при оптимальном сочетании ведущих генетических факторов — температуры, давления, химизма и скорости движений продуктивных растворов. Так, например, Стрельцовское рудное поле в юго-восточном Забайкалье имеет скрытый характер и выявлено лишь благодаря геологическим реконструкциям и целеустремленности геологов ПГО «Сосновгеология». Значительная часть урановорудных объектов Северного Казахстана в

результате восходящих неотектонических блоковых движений проявлена на современной поверхности и была оперативно выявлена аэропоисками. Однако многие месторождения региона, локализованные в депрессионных блоках, были погребены под чехлом неоген-четвертичных отложений и обнаружены благодаря разработке и реализации специальной методики поисков перекрытых урановых объектов. Перечень обстановок с залеганием месторождений на различных глубинах можно было бы продолжить примерами районов Якутии, Южного Казахстана, Восточной Атабаски (Канада), Северной Австралии, Южной Африки и т.д. В соответствии с этим прогнозные и поисковые исследования в пределах определившихся крупных рудоносных геоблоков должны носить объемный характер и ориентироваться на возможность обнаружения скрытого оруденения.

Наиболее перспективной на обнаружение крупных и богатых гидротермальных месторождений урана является протяженная металлогеническая зона в южном обрамлении Восточно-Сибирской плиты, где в предшествующий советский период в полосе от Енисейского Кряжа на западе до Мурунского массива на востоке выявлен целый ряд средних и мелких объектов — месторождения Кедровое, Оленье, Ансах, Столбовое, Туюканское, Чепок, Торгойское и др., представляющих различные геолого-промышленные типы урановых руд. Оценке ураноносности и перспектив выявления крупных объектов в этой мегазоне, в том числе типа ССН, посвящено большое количество публикаций. К сожалению, большинство из них ограничено изложением основных характеристик названных и других месторождений и общими соображениями о прогнозном потенциале тех или иных площадей. Этого недостаточно для реальной оценки перспектив промышленной ураноносности конкретных районов в пределах гигантской по протяженности структуры, характеризующейся сложным структурно-формационным строением, длительной историей развития и комплексной минерализацией.

Южное обрамление Восточно-Сибирской плиты представлено выступами дорифейского кристаллического фундамента, сложенного архейскими и нижнепротерозойскими породами, на которых несогласно залегают протоплатформенные отложения рифея. Все эти образования осложнены фанерозойскими структурами. Породы древнего основания представлены гнейсо-гранитовыми формациями, часто образующими купольные структуры, и амфиболитами, гнейсами и сланцами, являющимися продуктами глубокой метаморфической переработки зеленокаменных поясов. Магматические и метаморфические формации характеризуются повышенными концентрациями и дифференцированным распределением урана и тория. Их содержание в породах в 2–4 раза превышает кларковые, а отношение Th к U варьирует от 2 до 4, что свидетельствует о существенно урановой их специализации. Песчано-конгломератовые отложения рифея сохранились в пределах депрессионных структур, их мощность достигает 1,5 км, они слабо дислоцированы, но нередко прорваны дайками основного состава средне- и позд-

нерифейского возраста. Рифейские осадочные формации также часто несут повышенные концентрации урана и тория (до двух кларков) с отношением Th:U = 3–4.

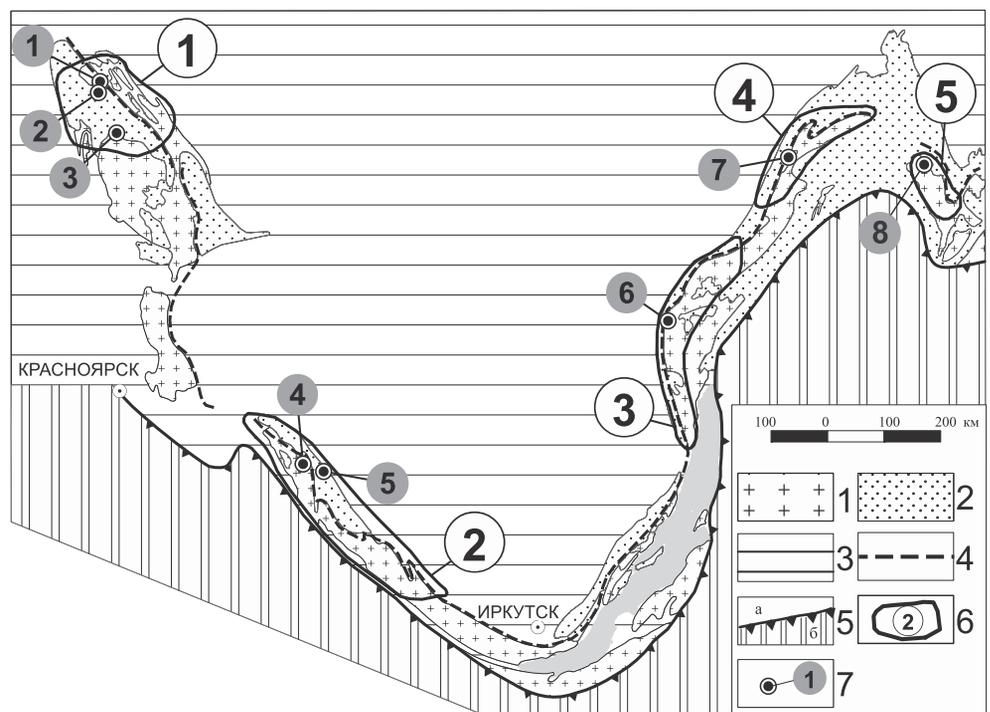
В пределах рассматриваемой структурно-формационной мегазоны проявились несколько эпох тектономагматической активизации (ТМА), каждая из которых сопровождалась формированием сложного комплекса пород и структур. Наиболее ранняя (1,8–1,7 млрд. лет) гудзонская эпоха характеризовалась заложением и становлением в краевой части древней платформы вулканических и гранитоидных комплексов, а также крупных гранито-гнейсовых куполов, входящих в состав Южно-Сибирского палеопротерозойского пояса. Рифейская (гринвильская) активизация выразилась образованием системы депрессий с накоплением пестроцветных осадочных отложений и внедрением даек и силлов долеритов и габбро-долеритов в интервале 1,3–0,7 млрд. лет. С венд-раннекаледонским (0,7–0,5 млрд. лет) и среднегерцинским (0,4–0,3 млрд. лет) амагматическим тектогенезом связано формирование региональных покровно-надвиговых структур. В крайней восточной части мегазоны близ границы с Алданским щитом развиты продукты деятельности мезозойской ТМА. Новейшее время проявилось интенсивным орогенезом со значительными (до 2–3 км) вертикальными перемещениями блоков, формированием цепи горных хребтов и широким развитием масштабных эрозионных, денудационных и аккумулятивных процессов.

Для южного обрамления Восточно-Сибирской плиты характерна сложная комплексная минерагения, представленная месторождениями и рудопроявлениями урана, золота, редких металлов, нерудных полезных ископаемых и др. Радиогеохимические зоны имеют урановую, уран-ториевую и уран-золоторудную специализацию.

Учитывая сложное структурно-формационное строение территории, длительную историю развития ее геоблоков, комплексный характер минерагении и, главное, скрытое залегание ожидаемого промышленного оруденения, методология прогнозирования рудных районов и месторождений должна базироваться на комплексном анализе сменяющихся во времени рудоносных геологических обстановок, рудообразующих и рудопреобразующих процессов, установлении основных факторов зарождения и развития рудоформирующих систем. Для ура-

нового направления подобная методология была разработана в ВИМСе более 20 лет назад [10], неоднократно совершенствовалась [8, 9, 11, 16] и стала общепринятой на практике при проведении геолого-прогнозных и поисковых работ. На основе сопоставительного анализа данных по эндогенным месторождениям крупнейших урановорудных районов мира — Канады, Австралии, Чехословакии, Казахстана, России, Украины и других была создана эволюционно-геологическая модель масштабного уранового рудогенеза, отражающая последовательность и характер проявления рудоподготовительного, рудообразующего и пострудных процессов. Оценка проявленности тектонических, магматических, минералого-геохимических, радиогеохимических, физико-химических и других факторов рудообразования и должна явиться основной задачей при прогнозе и поисках месторождений.

Рудоподготовительный этап развивается на фоне конструктивных геодинамических процессов, сопровождающихся складкообразованием, интенсивной гранитизацией и становлением гранито-гнейсовых куполов. В рамках этапа проявлены метаморфизм зеленосланцевой и амфиболитовой фаций с начальным накоплением урана, полихронное гранитообразование с доминированием калиевых лейкогранитов, постгранитизационный кремне-калиевый метасоматоз. В совокупности эти процессы сопровождаются накоплением и неоднократным перераспределением урана с возрастанием доли его подвижных форм.



**Рис. 1. Геологическая схема южного обрамления Восточно-Сибирской плиты:** 1 — выступы архей-нижнепротерозойского кристаллического фундамента; 2 — протоплатформенные образования рифея; 3 — отложения платформенных чехлов; 4 — зона регионального предрифейского несогласия; 5 — области тектоно-магматической активизации: а — допалеозойской (гудзонской и гринвильской), б — палеозойской; 6 — потенциально урановорудные районы (1 — Северо-Енисейский, 2 — Восточно-Саянский, 3 — Аkitканский, 4 — Тонодский, 5 — Чарский); 7 — выявленные месторождения урана (1 — Кедровое, 2 — Оленье, 3 — Осиновское, 4 — Столбовое, 5 — Ансах, 6 — Безымянное, 7 — Туюкан, 8 — Чепок)

Рудоформирующий этап протекает на фоне интенсивного проявления рифтогенной тектоно-магматической активизации, сопровождавшейся образованием вулкано-тектонических и депрессионных структур, а также широким развитием дайковых комплексов. Этап разделяется на два подэтапа — дорудный активизационный и собственно рудный. Первому свойственно активное трещинообразование, обеспечивающее повышенную проницаемость геологической среды и многофазное проявление дифференцированного по составу (основного и кислого) вулканизма и интрузивного магматизма, главным образом калиевой направленности; на втором подэтапе происходит формирование зон объемного кислотного или щелочного метасоматоза с интенсивным перераспределением урана и на заключительных стадиях — масштабное рудообразование на участках максимального телескопирования тектонических и метасоматических процессов.

От геодинамического режима пострудного этапа зависит сохранность ранее образованного оруденения: орогенез с интенсивной эрозией приводит к частичному или полному разрушению объекта, погружение и перекрытие поздними отложениями обеспечивает его консервацию.

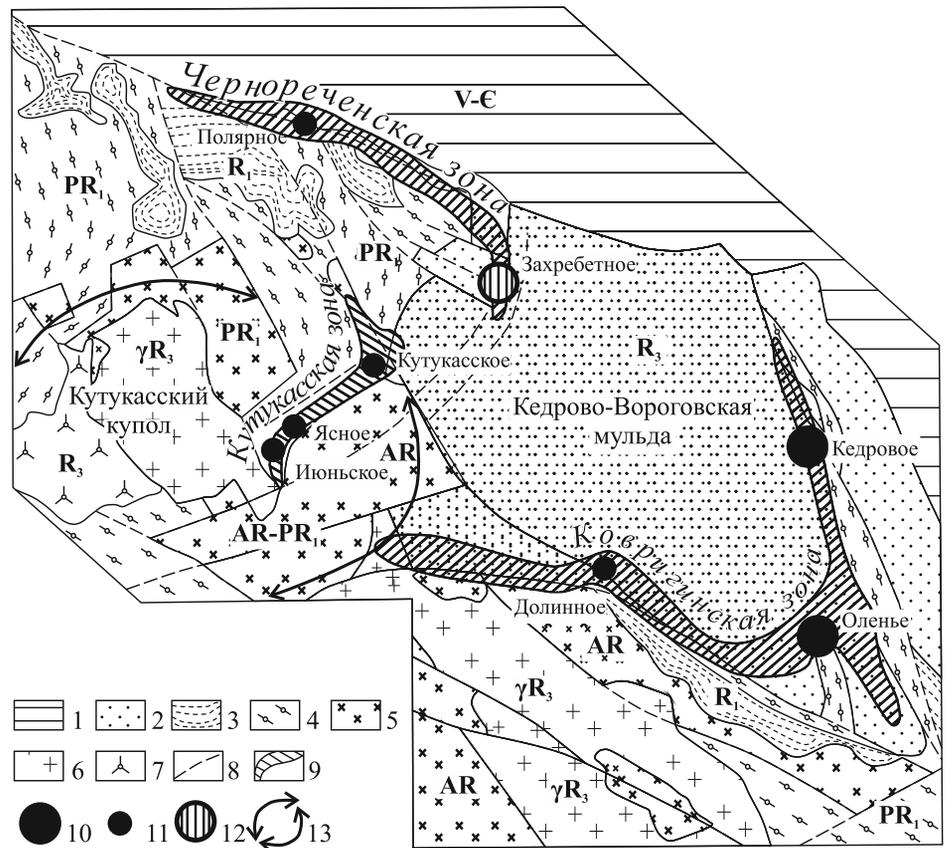
По своему существу приведенные выше элементы эволюционно-геологической модели в наибольшей мере соответствуют комплексу ведущих, «сквозных» факторов применительно к урановорудным районам вне зависимости от геолого-генетического типа месторождений. Для локального прогноза объектов конкретных типов требуется учитывать индивидуальные особенности рудоконтролирующих геологических обстановок.

Проявленность эволюционно-геологической модели эндогенного уранового рудообразования и оценка перспектив промышленной ураноносности южного обрамления Восточно-Сибирской плиты рассматриваются на примере пяти потенциально рудных районов, последовательно расположенных в этой мегазоне по направлению с запада на восток: Северо-Енисейского, Восточно-Присяянского, Ачитканского, Тондоского и Чарского (рис. 1).

**Северная часть Енисейского края** является одним из известных рудных районов, в пределах которого выявлены крупные месторождения золота (Олимпиадинское, Советское, Эльдорадо), средние и мелкие — урана (Олень, Кедровое,

Осиновское), полиметаллов (Захребетное) и др. На уран эта территория изучалась преимущественно в 1960–1970 годах и крайне неравномерно, в основном в пределах аномалий аэрогамма-спектрометрической съемки, а поисковые работы выполнялись на наиболее рудоперспективных структурах без общей оценки перспектив всей площади. Тем не менее, за короткий срок здесь были выявлены три урановых месторождения, многочисленные рудопроявления, развалы рудных глыб, водные источники и мочажины с высокой радиоактивностью вод. Урановое оруденение обычно характеризуется повышенными содержаниями золота (от первых до десятков г/т).

В Северо-Енисейском районе урановые и золото-урановые объекты (месторождения, рудные зоны, рудопроявления, проявления минерализации) группируются в протяженные (десятки км) полосы, обрамляющие центры гранитизации в архейско-раннепротерозойских толщах. По комплексу признаков наиболее перспективной является **Вороговская площадь** (рис. 2), в геологическом строении которой принимает участие сложный комплекс древних архейских и нижнепротерозойских пород — гнейсов, гнейсо-гранитов, гранитов и амфиболитов, образующих крупные купольные структуры. На породы древнего основания наложена



**Рис. 2. Северо-Енисейский район. Схема ураноносности Вороговской площади** (по Долгущину А.П., Рубинову И.М.) 1 — плитный комплекс Западно-Сибирской платформы; 2 — эффузивно-терригенные отложения ( $R_3$ ); 3 — песчаники, сланцы ( $R_1$ ); 4 — углеродсодержащие сланцы с горизонтами известняков ( $PR_1$ ); 5 — гнейсы, гнейсо-граниты, амфиболиты ( $AR-PR_1$ ); 6–7 — рифейские интрузивные комплексы: 6 — граниты, 7 — граносиениты; 8 — разломы; 9 — ураноносные зоны; 10–11 — уран-золотосодержащие рудные объекты: 10 — месторождения, 11 — рудопроявления; 12 — полиметаллическое месторождение; 13 — границы Кутукасского гранито-гнейсового купола

рифейская тафрогенная впадина, выполненная пестроцветными песчаными и песчано-глинистыми отложениями, переслаивающимися с пластообразными вулканитами основного, среднего и кислого состава. Архей-раннепротерозойские метаморфизованные комплексы пород и рифейские осадочные образования рассеяны дайками преимущественно основного состава, возраст которых датируется ранним и поздним рифеем.

Распределение радиоактивных элементов в гранито-гнейсовых структурах района резко дифференцировано и отличается накоплением урана, превышающим их содержание в неизмененных метаморфитах в 2–3, иногда и в 4–5 раз. Для наиболее гранитизированных разновидностей характерно содержание урана до 7–15 г/т, тория до 35–45 г/т, калия до 4,5–6 %. Рифейские кислые вулканиты также существенно обогащены радиоактивными элементами, они содержат до 15 г/т урана, до 50 г/т тория и до 5,5 % калия. Урановорудные объекты локализованы как в центральных частях куполов, так и среди углеродсодержащих метапелитов и гранитизированных амфиболитов, налегающих на склоны гранито-гнейсовых структур.

Основными урановыми объектами района являются средние по масштабам, но бедные по содержаниям урана, расположенные в Ковригинской зоне месторождения Кедровое и Олень, являющиеся по существу аналогами. Урановое оруденение в основном имеет пласто- и линзообразную форму, пологое согласное или субсогласное с вмещающими породами залегание и располагается в туфопесчаниках и туфоконгломератах на контакте с пластовыми телами кварцевых порфиров и непосредственно в порфирах. Мощность рудных тел варьирует от 0,5 до 2–3 м в вулканитах и до 10–15 м в осадочных породах. Среднее содержание урана в рудах — 0,056 %, в штуфах оно достигает 0,5 %.

Урановая минерализация на месторождениях представлена тонкодисперсным настуром, браннеритом, коффинитом, с которыми ассоциируют сульфиды железа, галенит, молибденит; отмечается присутствие самородной меди и золота. Гидротермально-метасоматические преобразования рудовмещающих пород представлены ореолами гидрослюдизации, хлоритизации, карбонатизации, сульфидизации, гематитизации. Возраст оруденения варьирует в пределах 650–700 млн. лет и является близким к возрасту рудовмещающей толщи.

Генезис месторождений принято считать гидротермальным, однако теснейшая связь оруденения во времени и в геологическом пространстве со специализированными на уран телами кварцевых порфиров и их экзоконтактами может указывать на комагматичный, сингенетичный характер рудообразования. Подобное оруденение обычно не образует промышленно значимых объектов и продолжение работ на этот тип руд вряд ли является целесообразным.

В то же время на Вороговской площади известны перспективные участки с иными типами урановых руд [5]. К ним прежде всего относится *Кутукасская ураноносная зона* с осадочно-метаморфогенным оруденением, приуроченным к структурно-стратиграфическому несогласию между раннепротерозойскими углеродсо-

держащими породами и архейскими гранитизированными образованиями северо-восточного склона Кутукасского гранито-гнейсового купола. Зона имеет протяженность более 10 км при ширине 1–1,5 км и вмещает Кутукасское, Ясное и Июньское урановые золотосодержащие рудопоявления. Оруденение локализовано в базальной части толщи углеродсодержащих кварцитов, имеет пластообразный характер, мощность рудного пласта составляет 2–5 м. Содержание урана в рудах по данным единичных пересечений горными выработками варьирует в широком диапазоне — от первых сотых до 1,17 %.

Установлены два разновозрастных типа урановой минерализации: наиболее ранняя (1200–1450 млн. лет) уранинитовая с браннеритом в альбитизированных и биотитизированных гранитах и поздняя (800–900 млн. лет) уранинит-коффинитовая с тухолитом в кварц-мусковит-серицит-хлоритовых метасоматитах. По условиям локализации и возрасту урановой минерализации рудопоявления Кутукасской зоны близки к австралийским месторождениям восточного склона древнейшего купольного массива Нанамбу—Джабилука, Рейнджер и Кунгарра.

Рудоподготовительный этап проявлен в районе становлением и развитием Кутукасского гранито-гнейсового купола, длительное формирование которого сопровождалось последовательным перераспределением и накоплением радиоактивных элементов [5]. Особенно интенсивно эти процессы проявились в связи с кремне-калиевым метасоматозом, завершившим становление гаревского комплекса гранитоидов. Таким образом, к позднему протерозою в районе была создана крупномасштабная геохимическая база радиоактивных элементов, послужившая основой для последующих рудообразующих процессов.

Рудообразующий этап рифейской ТМА проявился в пределах Вороговской впадины активным развитием бимодального вулканизма с формированием сложного комплекса даек, силлов и покровов вулканических образований. Активизация сопровождалась неоднократным проявлением гидротермальной деятельности, обусловившей в частности возникновение урановой и золотой минерализации. В то же время наиболее древний урановый объект района — Кутукасская зона имеет полигенное происхождение: ранние урановые концентрации (1200–1450 млн. лет) вероятно связаны с переотложением ураноносных кор выветривания и накоплением металла в базальных горизонтах осадочно-вулканогенной толщи, относительно поздние (800–900 млн. лет) возможно являются продуктом перераспределения первых за счет деятельности гидротермальных процессов, сопровождавших формирование раннерифейских гранитоидов.

Рудообразующие процессы поздних стадий, наложенных на рифейскую вулканогенно-осадочную толщу, выразились формированием в южной части Вороговской впадины месторождений Олень и Кедровое и обширной системы радиоактивных аномалий Чернореченской зоны в северо-западной части впадины.

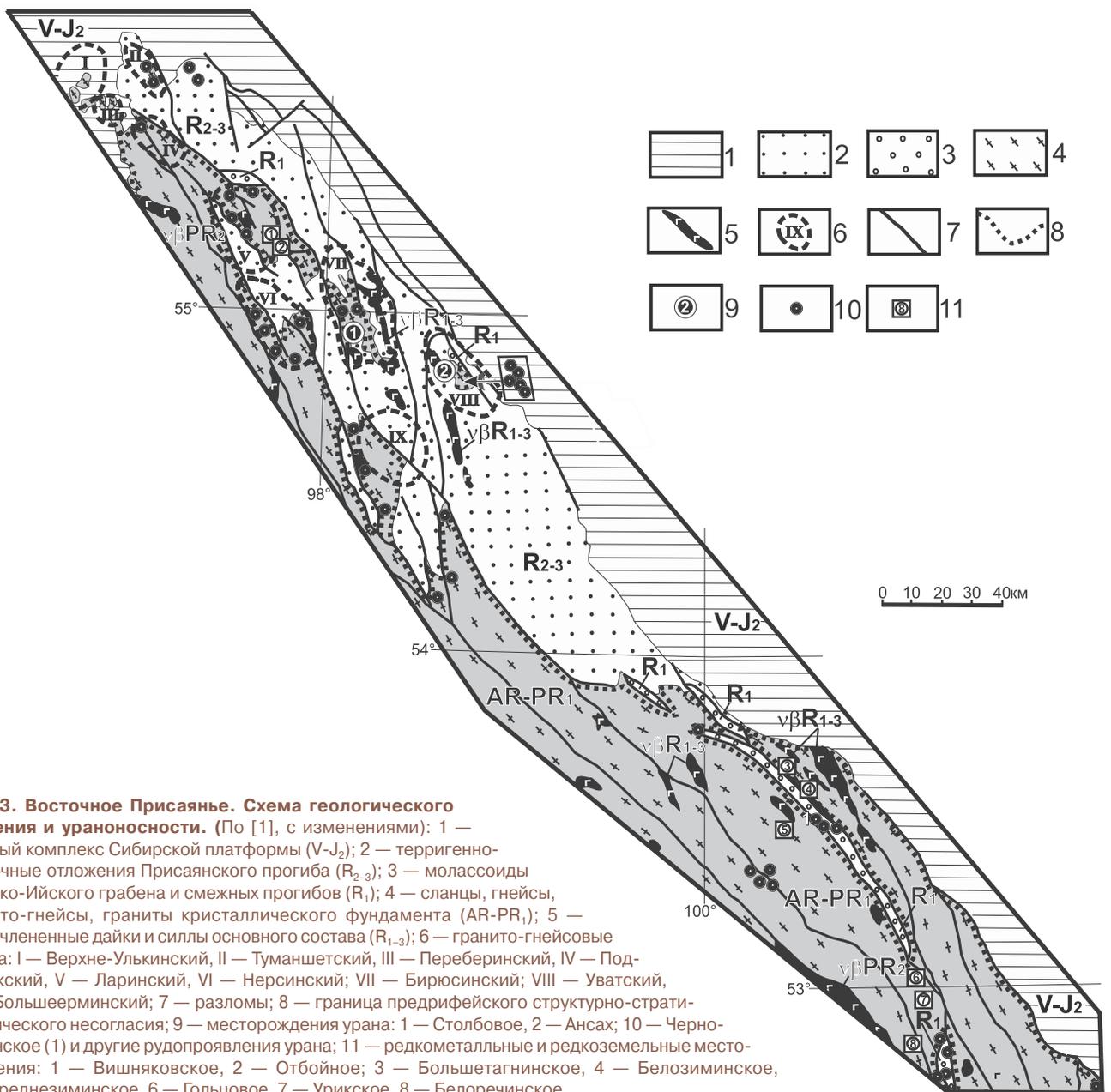
В Чернореченской зоне широкое развитие имеют масштабные аномальные поля радиоактивности, выяв-

ленные ранее аэропоисками и не получившие оценки наземными работами на глубину. Площадные аномалии, расположенные в краевой части впадины, в непосредственной близости к контакту с Кутукасским гранито-гнейсовым куполом — масштабным геохимическим источником урана, рассматриваются в качестве возможного внешнего ореола, залегающего на глубине в зоне ССН, масштабного урановорудного объекта. Чернореченская зона, как и слабо изученная Кутукасская, заслуживают постановки поисковых работ, включающих глубокое бурение, направленное на выявление скрытого оруденения.

**Восточно-Присяянский район** расположен на юго-западной окраине Восточно-Сибирской платформы и приурочен к Присяянскому рифейскому прогибу и Урикско-Ийскому грабену, основанием которых являются гранитоиды и метаморфические породы архея — нижнего протерозоя. Северная часть района сложена

рифейскими субплатформенными осадочными отложениями, южная — фрагментарно перекрыта нижнерифейскими молассоидами, залегающими на кристаллическом фундаменте с резким угловым и стратиграфическим несогласием (рис. 3). На северо-востоке докембрийские образования перекрыты плитным комплексом терригенно-карбонатных осадков венда-юры древней платформы. На протяжении всей геологической истории район претерпел неоднократную тектоно-магматическую активизацию, в том числе в позднем протерозое, проявленную развитием даек и силлов основного состава.

Восточное Присяянье представляет собой крупнейшую редкометалльную провинцию, в пределах которой сосредоточены месторождения ниобия, тантала, лития, цезия, бериллия, олова и редкоземельных элементов (Вишняковское, Отбойное, Большетагнинское, Белозиминское, Среднезиминское, Гольцовое, Урикское,



**Рис. 3. Восточное Присяянье. Схема геологического строения и ураноносности.** (По [1], с изменениями): 1 — плитный комплекс Сибирской платформы (V-J<sub>2</sub>); 2 — терригенно-осадочные отложения Присяянского прогиба (R<sub>2-3</sub>); 3 — молассоиды Урикско-Ийского грабена и смежных прогибов (R<sub>1</sub>); 4 — сланцы, гнейсы, гранито-гнейсы, граниты кристаллического фундамента (AR-PR<sub>1</sub>); 5 — нерасчлененные дайки и силлы основного состава (R<sub>1-3</sub>); 6 — гранито-гнейсовый купол: I — Верхне-Улькинский, II — Туманшетский, III — Переберинский, IV — Подпорожский, V — Ларинский, VI — Нерсинский, VII — Бирусинский, VIII — Уватский, IX — Большеемеринский; 7 — разломы; 8 — граница предрифейского структурно-стратиграфического несогласия; 9 — месторождения урана: 1 — Столбовое, 2 — Ансах; 10 — Чернозиминское (1) и другие рудопроявления урана; 11 — редкометалльные и редкоземельные месторождения: 1 — Вишняковское, 2 — Отбойное; 3 — Большетагнинское, 4 — Белозиминское, 5 — Среднезиминское, 6 — Гольцовое, 7 — Урикское, 8 — Белоречинское

Белоречинское и др.), в целом являющиеся комплексными объектами, нередко с богатыми и легкообогатимыми рудами. Наряду с ними в районе известны Мало-Тагульское месторождение железо-титановых руд, ряд мелкомасштабных марганцевых, железомарганцевых и угольных объектов, а также золотых россыпей. Периодически, с начала 1960-х годов и по настоящее время, на территории Восточного Присяянья осуществлялись поисковые работы на уран, которые ориентировались на оценку проявлений урановой минерализации в выходящем на поверхность фундаменте. По их результатам были выявлены два мелких месторождения, порядка 40 рудопроявлений, большое количество аномалий и точек минерализаций, представленных рудными обломками, иногда с процентными содержаниями урана.

На территории Восточного Присяянья урановые и редкометалльные объекты контролируются региональными зонами разломов северо-западного простирания, определяющими тектонический план района. Большинство этих рудных объектов тяготеет к внутренним частям купольных поднятий, сложенных преимущественно нижнепротерозойскими породами фундамента — сланцами, гнейсами и гранитоидами. В строении купольных структур, формирование которых происходило в течение длительного времени, принимают участие вулканогенно-терригенные отложения раннего протерозоя, метаморфизованные в условиях амфиболовой-зеленосланцевой фаций, и различные по составу гранитоиды (гранитогнейсы с порфиробластовой структурой, граниты от мезо- до лейкократовых, аляскиты). Метаморфиты отмечаются в качестве ксенолитов в гранитоидах, в том числе в виде провесов кровли куполов. В метаморфических породах в зависимости от их состава содержания урана варьируют от 2 до 5,5 г/т, тория от 10 до 25 г/т. В углеродсодержащих разностях концентрации этих элементов увеличиваются в 2 раза. В гранитизированных породах и гранитоидах содержания радиоэлементов возрастают и колеблются для урана от 5 до 6,5 г/т, изредка достигая 16,5 г/т, а для тория от 18 до 35 г/т. Аляскитовые граниты и гранит-порфиры завершающей фазы максимально обогащены этими элементами. В постгранитную стадию формировались грейзены, кварц-полевошпат-биотитовые и кварц-альбит-микроклиновые метасоматиты с вкрапленной уран-торий-редкометалльно-редкоземельной минерализацией. Содержания урана и тория в них от сотых до десятых долей процента, а некоторых элементов редкометалльной группы достигают промышленных концентраций.

В Восточном Присяянье в настоящее время известны два урановых месторождения — Столбовое и Ансах. Они локализованы в центральных частях соответственно Бирюсинского и Уватского гранито-гнейсовых куполов. Оруденение в пределах обоих месторождений представлено многочисленными телами круто- и пологопадающей ориентировки. На Столбовом месторождении они представляют собой жилы и линзы с раздувами и пережимками, протяженностью по простиранию и падению от нескольких десятков до 200 м и средней мощностью от 0,4 до 2,5 м. Содержания урана в них колеблются от 0,05 до 0,15 %. С глубиной рядовые

руды сменяются бедными и выклиниваются. В центральной части месторождения Ансах вскрыты рудные тела мощностью от 0,3 до 7 м, протяженностью по простиранию и падению от 50 до 800 м и содержаниями от 0,012 до 0,15 %, в одном из сечений 0,425 % на мощность 1,1 м.

Рудная минерализация обычно ассоциирует с кварц-серицит-хлоритовыми метасоматитами и представлена преимущественно оксидами урана, реже коффинитом и браннеритом, а также сульфидами (пиритом, халькопиритом, галенитом и др.). Кроме урана в рудах присутствуют Mo, V, Cu, Pb, Zn, As и Co. По данным Л.В. Чеснокова более древняя уран-торий-редкометалльно-редкоземельная минерализация явно испытывала позднюю регенерацию. Им установлено, что периферия кристаллов фергусонита в участках проявления более молодых гидротермально-метасоматических процессов, как правило, замещается каймами гидратированной разности титано-ниобатов, а затем корками гидроксидов железа и титана. Процесс замещения сопровождается выносом Nb, Y, Th и U.

Абсолютный возраст оксидов урана составляет 1,62,  $1.614 \pm 0.08$ , 1,45,  $1.26 \pm 0.035$ , 1,17 млрд. лет, редко устанавливаются возраста 0,9 — 0,8 млрд. лет. Скорее всего, множество модальных значений абсолютных возрастов обусловлено полихронностью формирования руд. Абсолютный возраст казолита и уранофана, развитого по первичной урановой минерализации отвечает 1,25 — 1,05 млрд. лет, что свидетельствует о развитии древних зон окисления в среднерифейское время [1].

Уверенно в пределах двух структурных этажей — в фундаменте и в молассоидных отложениях раннерифейского возраста урановая минерализация установлена на объектах Урикско-Ийского прогиба. Так, на Чернозиминском рудопроявлении оруденение локализовано в основании нижнерифейских конгломератов, где слагает серию рудных линз протяженностью 60–140 м и мощностью первые метры. Средние содержания урана в них составляют 0,015–0,03 %, иногда в отдельных гнездах достигают 0,21 %. Рудная минерализация представлена оксидами и титанатами урана, пиритом, галенитом и халькопиритом. В зоне окисления развиты тюямунит, карнотит и уранофан. Околорудные изменения проявлены хлорит-серицит-гематитовыми новообразованиями. Кроме урана в рудных конгломератах выявлены повышенные содержания Pb и V. Большинство урановых объектов Восточного Присяянья характеризуется однотипностью состава рудной минерализации, околорудных изменений и попутных элементов.

Эволюционно-геологическая модель формирования урановорудных объектов Восточного Присяянья [1] включает 5 геологических этапов, выделенных на основе реконструкции геологических обстановок с раннего протерозоя по настоящее время. Раннепротерозойский рудоподготовительный этап проявился становлением гранито-гнейсовых купольных структур, формированием специализированных на уран гранитоидов саянского комплекса и развитием в зонах разломов северо-западного простирания кварц-полевошпат-биотитовых метасоматитов (пегматоидов) с уран-торий-редкометалльно-редкоземельной минерализацией, служившей

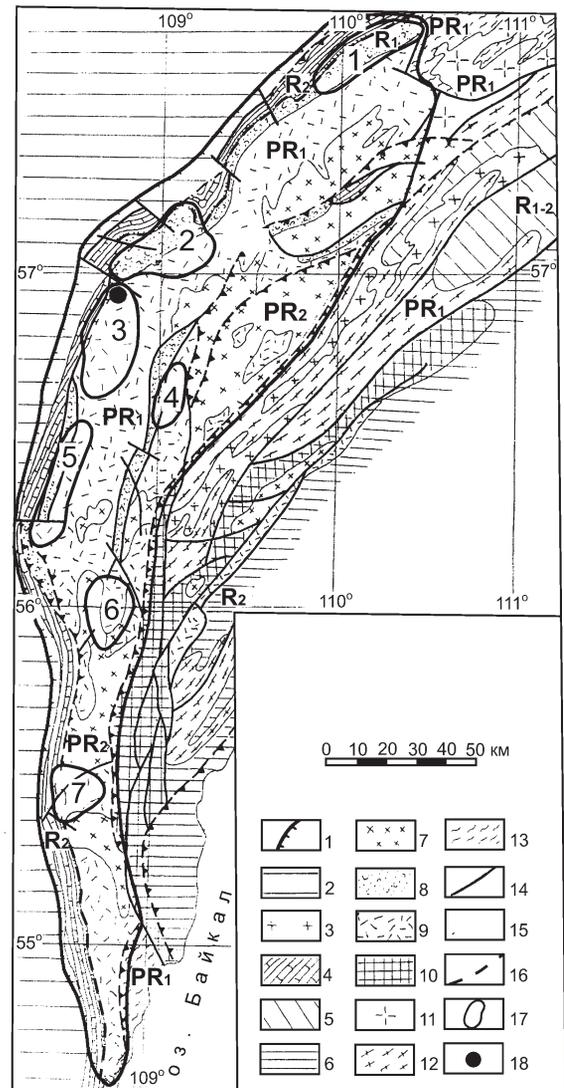
источником металла для последующего уранового рудообразования. Ранне-среднерифейский — главный урановорудный этап выражен проявлением основного магматизма и интенсивной гидротермально-метасоматической деятельностью, способствовавшей мобилизации урана из вмещающих специализированных формаций кристаллического фундамента с последующей локализацией богатого уранового оруденения в зонах разломов северо-западного простирания и вблизи подошвы перекрывающих их нижнерифейских отложений протоплатформенного осадочного чехла. Среднерифейский эрозионно-денудационный этап характеризовался выведением на дневную поверхность ранее образованного в зонах ССН уранового оруденения, формированием древних зон окисления и последующим разрушением руд. Позднерифейский этап ознаменовался перераспределением урановых концентраций и локальным переотложением руд в связи с внедрением тел базитов нерсинского комплекса и проявлением постмагматических гидротермально-метасоматических процессов.

Последний эрозионно-денудационный этап включал промежуток времени с венда по настоящее время. Он связан с неоднократными тектоническими движениями, обусловившими воздымание Восточно-Саянской горной области, разрушение и снос пород рамы, повторное выведение на дневную поверхность урановорудных объектов и их частичное уничтожение. Индикатором возможной сохранности богатого рифейского оруденения от фанерозойских процессов эрозии и денудации могут служить обстановки с присутствием в разрезе нижнерифейских отложений протоплатформенного осадочного чехла. Именно такие площади, с учетом других поисковых признаков, должны рассматриваться в качестве первоочередных при проведении геологоразведочных работ на уран в Восточном Присяянье. К их числу можно отнести осевую часть Урикско-Ийского грабена, Уватский и Ларинский гранито-гнейсовые купольные структуры в Присяянском прогибе. Здесь не исключено выявление уранового оруденения как в фундаменте, так и в самих нижнерифейских образованиях, погребенных под толщей средне-верхнерифейских осадочных пород.

Для выделения на обширной территории Восточного Присяянья конкретных перспективных площадей необходимо проведение опережающих специализированных и ревизионных работ с детальным изучением выявленных ранее урановорудных проявлений, в частности, в пределах Урикско-Ийского грабена для определения рудно-формационной принадлежности оруденения и уточнения условий его формирования и локализации.

**Северо-Байкальская часть** южного обрамления Восточно-Сибирской плиты представляет собой полосу протяженностью около 700 км, примыкающую с востока к области развития палеозойских отложений платформенного чехла древней платформы. В пределах этой полосы выделяются два потенциально урановорудных района, значительно различающихся по геологическому строению — Аkitканский и Тонодский (рис. 1).

Основным структурным элементом **Аkitканского района** является Северо-Байкальский (или Аkitканский) вулканогенно-плутонический пояс, который сформировался в эпоху раннепротерозойской активизации кристаллического фундамента (рис. 4). Последний сложен позднеархейскими гранитоидами и метаморфизованными преимущественно в амфиболитовой фации раннепротерозойскими породами мрамор-квар-



**Рис. 4. Аkitканский район. Схема геологического строения и ураноносности (по материалам Сосновского ПГО):** 1 — контур района; 2 — плитный комплекс Сибирской платформы; 3 — герциновые граниты; 4 — Прибайкальский перикратонный прогиб (карбонатно-терригенная формация (R<sub>2</sub>); 5 — Мамский палеошельфовый прогиб (пурпольская и медвежинская свиты (R<sub>1-2</sub>); 6 — Олоkitский рифтовый прогиб (терригенно-карбонатная формация (R<sub>2</sub>); 7 — гранитоиды ирельского комплекса (PR<sub>2</sub>); 8 — чайская свита (вулканогенно-терригенная формация (R<sub>1</sub>); 9 — хибеленская и домугдинская свиты (риолит-трахиандезитов (PR); 10 — Даванская зона смятия Мамско-Даванского зеленокаменного пояса; 11 — гранитоиды чуйско-кодарского комплекса (PR<sub>1</sub>); 12 — чуйская мигматит-гнейсовая толща (PR<sub>1</sub>); 13 — сарминская гнейсо-сланцевая серия (PR); 14 — крутопадающие разломы; 15 — надвиги; 16 — зона предрифейского структурно-стратиграфического несогласия; 17 — урановорудные узлы (1 — Чайский, 2 — Кутимо-Рассохинский, 3 — Безымянско-Домугдинский, 4 — Большеминский, 5 — Савкинский, 6 — Окунайский, 7 — Ошконский); 18 — месторождение урана Безымянное

цит-амфиболит-гнейсовой углеродистой и существенно натриевой мигматит-гранитовой формаций, прорванными телами дунитов-перидотитов и габбро-диабазов [3]. Северо-Байкальский пояс представлен терригенно-вулканогенной толщей акитканской серии и тесно ассоциирующими с ней гранитоидами. Среди пород толщи преобладают вулканы кислого состава и повышенной щелочности, а также континентальные грубообломочные отложения. Вулканогенно-осадочные образования Северо-Байкальского пояса несогласно перекрываются верхнерифейскими осадочными породами байкальской серии [2, 6]. В металлогеническом отношении Акитканский район специализирован на золото и уран. Основной урановорудный потенциал этой территории определяется золото-урановыми проявлениями в вулканогенно-осадочных породах вблизи круто- и пологопадающих тектонических нарушений [17, 19].

Гранитоиды и метаморфические породы древнего фундамента характеризуются повышенными содержаниями радиоактивных элементов с коэффициентами концентрации урана 3–4, тория от 1–2 до 4–6 при интенсивно дифференцированном их распределении. Породы раннепротерозойского вулканогенного пояса также отличаются повышенными содержаниями урана и тория, в 2–3 раза превышающими их кларки в земной коре.

Акитканский район изучался на уран с 1950-х годов массовыми поисками, сопровождавшими геологические съемки, а на ряде площадей аэрогамма-поисками масштабов 1:50 000 и 1:25 000 и наземными радиометрическими поисками, в связи с чем его поверхность является достаточно изученной. В двухтысячные годы здесь велись тематические, а на отдельных участках поисково-ревизионные работы силами «Сосновгеологии», ПГУНПП «Геологоразведка», ВИМСа и ВСЕГЕИ [7, 14, 15, 17, 18, 19 и др.].

По своему геологическому строению район весьма сложен, что обусловлено прежде всего значительными амплитудами горизонтальных и вертикальных движений горных масс в постпротерозойское время. Такие движения, с образованием в том числе шарьяжных и надвиговых структур, обусловили неоднократную регенерацию уранового оруденения и могли приводить к образованию на глубине скрытых месторождений или захоронению в опущенных блоках существовавших рудных объектов.

В районе выделяется семь урановорудных узлов, включающих мелкие месторождения — Безымянное, Парусное и большое количество разномасштабных рудопроявлений, цепочкой располагающихся в вулканогенном поясе вдоль его простирания (рис. 4). Детальное изучение рудного вещества этих проявлений и изотопные (Pb–U) определения их возраста показали, что все они однотипны и сформировались в результате единого многоэтапного эволюционного рудогенетического процесса [14, 15, 18].

Наиболее ранняя, торий-редкоземельно-урановая минеральная ассоциация (1,8–1,7 млрд. лет) связана с постгранитизационными высокотемпературными кварц-микроклин-альбитовыми и кварц-биотитовыми

метасоматитами. Рассеянная рудная минерализация здесь представлена вкрапленными уранинитом, метамиктным браннеритом, выделениями торита, ураноторита, ураноторианита, цирколита, местами ассоциирующими с молибденитом, сульфидами железа, сфеном, рутилом, цирконом. В эпоху позднепротерозойской тектоно-магматической активизации (1,3–0,9 млрд. лет) формировались биотит-флогопит-хлоритовые и хлорит-мусковит-серицитовые метасоматиты, содержащие рядовое прожилково-вкрапленное оруденение (1,2–1,0 млрд. лет), представленное браннеритом, коффинитом, настураном в ассоциации с сульфидами железа, свинца, цинка. При этом на участках развития позднепротерозойской минерализации отчетливо наблюдаются признаки частичного разрушения и регенерации древнего уранинита [14]. Венд-кембрийская эпоха складчато-надвигового амагматического тектогенеза сопровождается развитием березитов с золото-сульфидно-кварцевым оруденением. В это время очевидно происходила регенерация ранней урановой минерализации с перераспределением урана. На это, в частности, указывают установленные на ряде участков омоложенные значения изотопных датировок древних урановых минералов и обнаружение настурана с возрастом 0,51–0,48 млрд. лет. Наконец, в ходе герцинской ТМА (0,4–0,3 млрд. лет), обусловившей проявление блокового тектогенеза, синхронного формированию гранитоидных массивов в соседнем Ангаро-Витимском блоке, возникла наиболее поздняя в этом районе и наиболее продуктивная прожилково-метасоматическая низкотемпературная урановая минерализация, наложенная на все ранние рудные ассоциации [7, 14]. Она представлена преимущественно настураном и связана с щелочными метасоматитами как калиевого, так и натриевого ряда. Скопления рудных прожилков образуют рудные тела мощностью в первые метры и содержанием урана в десятки доли процента, в отдельных случаях — до процента.

Несмотря на то, что к настоящему времени в районе не обнаружены крупные месторождения урана перспективы их выявления несомненно существуют. Далеко не на всех площадях этого обширного района выполнен необходимый комплекс прогнозно-поисковых исследований, позволяющий обосновать и выделить потенциально рудоносные участки и структуры. При проведении в дальнейшем здесь поисковых работ необходимы палеотектонические реконструкции, геологоструктурное и минералого-геохимическое картирование для определения благоприятных обстановок локализации высокопродуктивного уранового оруденения.

**Тонодский район** расположен в пределах Тонодского поднятия — крупного горст-антиклинорного сооружения, занимающего окраинное положение в структуре Байкало-Патомской области на границе с Сибирской платформой. Тонодское поднятие сложено раннепротерозойскими углеродистыми сланцево-песчаниковыми породами, метаморфизованными в зеленосланцевой фации и прорванными крупными батолитами и малыми телами раннепротерозойских гранитоидов чуйско-кодарского комплекса. Гранитоиды формировались в две основные фазы. Ранняя фаза представлена

плагиигранитами и порфиробластовыми двуполевошпатовыми гранитами, поздняя выражена продуктами интенсивного преобразования ранних гранитоидов с проявлением селективного плавления, реоморфизма и образованием гранито-гнейсовых купольных структур. Раннепротерозойский этап развития региона завершается локальным проявлением базитового магматизма — внедрением даек метабазитов, конга-диабазов, диоритовых порфиритов. В дальнейшем после длительного тектонического покоя на древних образованиях формировалась мощная кора выветривания. Протерозойское основание несогласно перекрывается раннерифейскими платформенными отложениями пурпульской свиты — пестроцветными кварцевыми песчаниками и высокоглиноземистыми сланцами, залегающими на крыльях Тонодского поднятия.

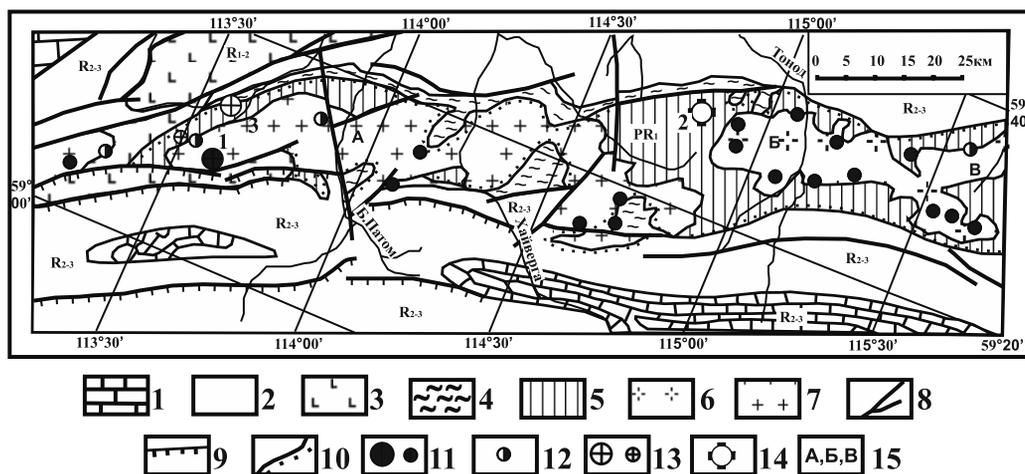
В металлогеническом плане одним из важнейших здесь является ранне-среднепротерозойский этап развития, с которым связано образование рудных месторождений и проявлений урана, золота, олова, вольфрама. В районе выделяются два сближенных урановорудных узла — Хайвергинский с урановым месторождением Туюкан и олово-вольфрамовым месторождением Находка и Амандраковский с группой урановых проявлений (рис. 5). Между ними располагается золоторудный Кевактинский узел с приуроченным к углеродистым сланцам месторождением Чертово Корыто, возраст которого определяется в 1800 млн. лет. Практически все поднятие входит в высокодифференцированную радиогеохимическую зону, характеризующуюся широким распространением протяженных полос пород с повышенным и аномальным содержанием урана.

Тонодский район, где достаточно ярко проявлены все основные признаки, характерные для урановорудных территорий, крайне слабо изучен на уран. Его площадь составляет порядка 30 тыс. км<sup>2</sup>. Около 75 % этой площади в 1957–1962 гг. покрыто геологической съемкой масштаба 1:50 000, сопровождавшейся массовыми поисками урана. В 1970–1982 гг. здесь была выполнена

аэрогамма-спектрометрическая съемка масштаба 1:25 000 на площади 11,8 тыс. км<sup>2</sup>, а затем, до 1989 г. Сосновским ПГО проводились оценка выявленных урановых проявлений и поисково-оценочные работы с бурением на месторождении Туюкан.

Эволюция уранового рудообразования в Тонодском районе может быть реконструирована по результатам изучения месторождения Туюкан и вмещающих его пород. Месторождение располагается в юго-западной части Тонодского поднятия и приурочено к юго-западному эндоконтакту крупного массива гранитоидов чуйско-кадарского комплекса, на участке его погружения под платформенные отложения раннего рифея. Анализ положения рудных залежей месторождения относительно поверхности несогласия показывает, что формирование оруденения происходило на глубине до 350 м по вертикали от этой поверхности. Наиболее ранними ураносодержащими образованиями здесь являются имеющие площадное развитие постгранитизационные кремне-щелочные метасоматиты (1870–1740 млн. лет) с рассеянной и гнездовой уран-ториевой минерализацией и многочисленными редкометалльно-торий-урановыми проявлениями. Раннепротерозойская ТМА обусловила формирование грейзенов и щелочных пропилитов с урановой смолкой, датируемой 1380 млн. лет [13], магнетитом, сфеном, пиритом, арсенопиритом, халькозином, галенитом. На образования этой ассоциации наложены эпидот-клиноцоизит-шамозитовые пропилиты с мелкоглобулярной урановой смолкой-II (788 млн. лет), клейофаном, арсенопиритом, халькопиритом, галенитом, молибденитом. Эта минеральная ассоциация всегда локализуется в ореолах грейзено-березитовых изменений. С более поздними хлорит-гидрослюдистыми изменениями связана урановая смолка-III (460 млн. лет), сопровождаемая коффинитом, урановыми чернями, галенитом, молибденитом.

Основное оруденение здесь, очевидно, представлено образованиями раннерифейского этапа. Телескопированные с ними урановые минералы более поздних ми-



**Рис. 5. Тонодский район. Схема геологического строения и ураноносности** (по данным ПГО «Сосновгеология»): 1 — карбонатные отложения ( $R_{2-3}$ ); 2 — хайвергинская свита ( $R_{2-3}$ ) — слабоуглеродистые сланцы и песчаники; 3 — медвежинская свита ( $R_{1-2}$ ) — железистые вулканогенно-песчаниковые породы; 4 — пурпульская свита ( $R_1$ ) — пестроцветная сланцево-кварцево-песчаниковая толща; 5 — кевактинская серия ( $PR_1$ ) слабоуглеродистая сланцево-песчаниковая толща; 6 — субщелочные граниты амандраковского комплекса ( $PR_1$ ); 7 — гранит-плагииграниты чуйско-кадарского комплекса ( $PR_1$ ); 8 — разломы крутопадающие; 9 — надвиги; 10 — зоны рифейского структурно-стратиграфического несогласия; 11 — урановые месторождения (1 — Туюкан) и рудопроявления урана; 12 — уран-ториевые рудопроявления; 13 — месторождения (3 — Находка) и рудопроявления олова; 14 — месторождение золота (2 — Чертово Корыто); 15 — урановорудные узлы: А — Хайвергинский, Б — Амандраковский, В — Челонченский

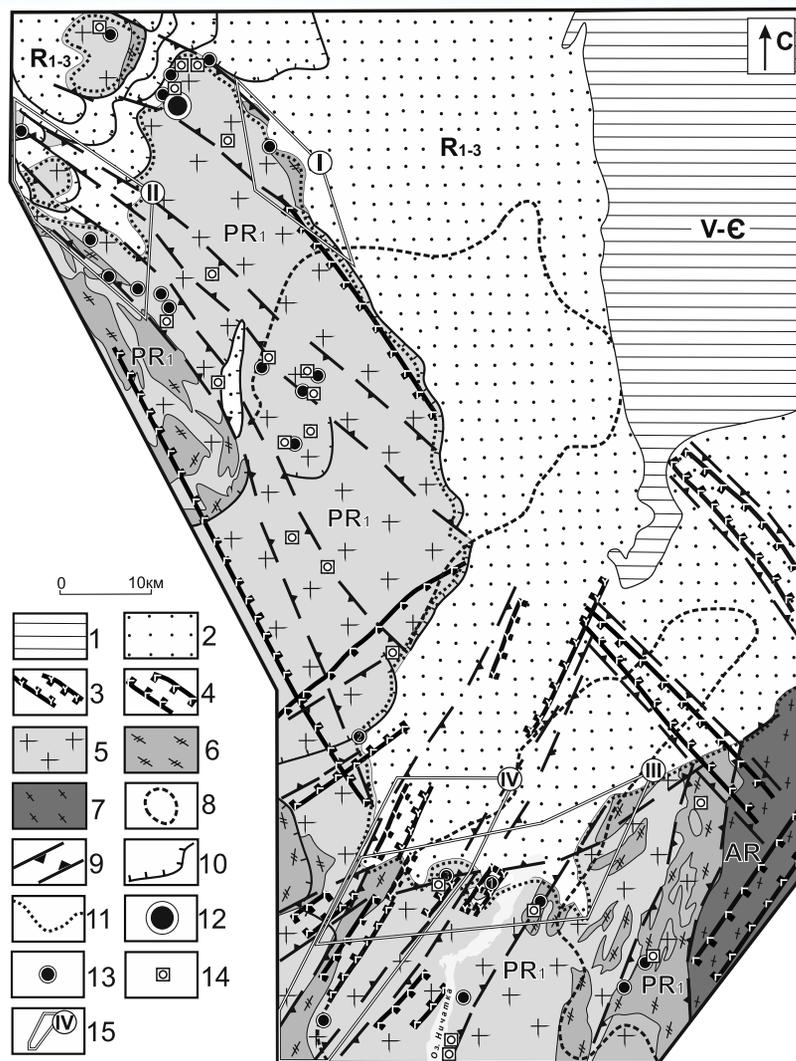
ниты чуйско-кадарского комплекса ( $PR_1$ ); 8 — разломы крутопадающие; 9 — надвиги; 10 — зоны рифейского структурно-стратиграфического несогласия; 11 — урановые месторождения (1 — Туюкан) и рудопроявления урана; 12 — уран-ториевые рудопроявления; 13 — месторождения (3 — Находка) и рудопроявления олова; 14 — месторождение золота (2 — Чертово Корыто); 15 — урановорудные узлы: А — Хайвергинский, Б — Амандраковский, В — Челонченский

неральных ассоциаций являются продуктами преобразования раннего оксида урана.

Проявленность в пределах Тонодского поднятия благоприятных критериев и признаков уранового рудообразования дает основание отнести его к числу перспективных на обнаружение масштабных урановых концентраций. С целью локализации участков для последующих ГРП представляется необходимой постановка здесь опережающих прогнозно-геологических работ с рекогносцировочными буровыми поисками уранового оруденения, в том числе скрытого и слабо выраженного на поверхности.

**Чарский район** располагается на крайнем северо-востоке рассматриваемой мегаструктуры в области сочленения трех крупных геотектонических сооружений — Алданского щита, Березовского прогиба Восточно-Сибирской платформы и Байкальской горно-складчатой области. В геологическом строении района принимают участие гранитоиды фундамента с ксенолитами нижнепротерозойских метаморфитов, а также несогласно залегающие на них стратифицированные осадочно-метаморфические отложения верхнепротерозойского чехла (рис. 6). Структурный план района определяют разнонаправленные зоны разломов северо-западного, северо-восточного и меридионального простирания, трассирующиеся телами разновозрастных базитов верхнего протерозоя, верхнерифейскими дайками гранитов, а также среднеюрскими-раннемеловыми телами магматитов щелочноземельного и щелочного составов. Для Чарского района характерна комплексная металлогения с месторождениями золота и проявлениями полиметаллов, платины, апатита, графита, а также уран-торий-редкоземельными и собственно урановыми объектами.

Систематические поиски урана в Чарском районе осуществлялись в 2 этапа. В 1980—1992 гг. значительная часть района была охвачена аэрогеофизическими, геолого-съёмочными (ГСР-50) работами и специализированными геолого-прогнозными исследованиями, в ходе которых был обнаружен ряд урановых проявлений. В период с 2000 до 2010 г. здесь велись поисковые, ревизионные и тематические работы силами производственных и научных организаций. В результате было выявлено мелкое урановое месторождение Чепок, отнесенное к типу «несогласия», а также аналогичные по типу рифейские рудопроявления — Бухаровское, Новое I, II, III, Мигматитовое, Центральное, Фланговое, Узловое и др. В пределах трех последних объектов установлена также и более поздняя золото-урановая и уран-ториевая минерализация, ассоциирующая с позднемезозойскими гидротермально-метасоматическими образованиями.



**Рис. 6. Чарский район. Схема геологического строения и ураноносности:** 1 — плитный комплекс (V-Є); 2 — терригенно-осадочные отложения (R<sub>1-3</sub>); 3 — области проявления мезозойского щелочноземельно-щелочного магматизма; 4 — области проявления рифейского базитового магматизма; 5 — магматиты кодаро-удоканского комплекса (PR<sub>1</sub>); 6 — метаморфиты удоканской серии (PR<sub>1</sub>); 7 — гнейсы, гнейсо-граниты, мигматиты Алданского щита (AR); 8 — гранито-гнейсовые купола; 9 — региональные зоны разломов; 10 — надвиги; 11 — граница предрифейского структурно-стратиграфического несогласия; 12 — месторождение урана Чепок; 13 — эндогенные рудопроявления урана: 1 — Бухаровское, Сланцевое, Встречное, Мысовое, 2 — Новое I, II, III, 3 — Мигматитовое, Фланговое, Центральное, Узловое; 14 — рудопроявления U-Th-TR; 15 — площади, перспективные на обнаружение уранового оруденения (I-III) и золота (IV): I — Водораздельная, II — Догалдынская, III — Бухаровская, IV — Мигматитовая

Известные в Чарском районе эндогенные уран-торий-редкоземельные и собственно урановые объекты локализованы в пределах гранито-гнейсовых купольных структур или крупных гранитных массивов. В их геологическом строении принимают участие протерозойские метаморфиты амфиболитовой-зеленосланцевой фаций с содержанием урана порядка 4 г/т и тория около 14 г/т и гранитоиды кодаро-удоканского комплекса, представленные гранито-гнейсами первой фазы (U-6 г/т, Th-17 г/т), гранитами, граносиенитами и лейкогранитами второй и третьей (U-7 г/т, Th-23 г/т) фаз [4]. По другим данным [12] концентрации урана в них могут достигать 10.6 г/т и тория 33 г/т. На заключительной стадии становления гранитоидов в регио-

нальных зонах разломов северо-западного и субмеридионального направлений формировались скарноиды, грейзены и биотит-кварц-полевошпатовые метасоматиты с уран-торий-редкоземельной и уран-молибденовой минерализацией, представленной урансодержащими цирконом, ксенотимом, монацитом и собственно уранинитом в ассоциации с молибденом. Содержание урана в таких образованиях местами достигает десятых долей процента.

Месторождение Чепок, расположенное в северной части района, приурочено к одному из главных тектонических швов северо-западного простирания и локализовано в породах кристаллического основания, вблизи границы предрифейского несогласия. Рудовмещающими являются системы разломов северо-восточного и северо-западного простирания, представленные швами милонитов, брекчиями, зонами катаклаза, в которых устанавливаются линейные рудные тела протяженностью в первые сотни метров. Содержания урана в них варьируют от 0,06 до 0,73 % на мощность 0,3–3,5 м.

Гипогенная урановая минерализация на месторождении представлена прожилками и вкрапленностью оксидов урана, коффинита и браннерита. В рудных зонах проявлены окварцевание, хлоритизация, биотитизация, серицитизация, апатитизация и сульфидизация. Здесь же отмечаются реликты нижнепротерозойских метасоматитов с уран-торий-редкоземельной и уран-молибденовой минерализацией.

Возраст уранового оруденения [7, 14, 15] близок к 1,3 млрд. лет с последующим его перераспределением в позднем рифее (0,9–0,8 млрд. лет) и, возможно, в палеозое (0,54–0,48 млрд. лет). Вкрапленная уран-молибденовая минерализация, проявленная в северной части месторождения, датируется 1,8 млрд. лет.

Перспективные рудопроявления урана юго-восточной части района — Бухаровское, Фланговое и др. контролируются узлами сочленения крупных зон разломов субмеридионального и северо-восточного простирания. В пределах Бухаровского рудопроявления рудные тела имеют субсогласную с ними ориентировку, локализуются в катаклазированных углеродсодержащих сланцах фундамента и образуют серию прерывистых жил, протяженностью в сотни метров. В главной рудной залежи, длина которой составляет 700 м, содержания урана варьируют в пределах 0,05–0,45 % на мощности 5,5–1,3 м, в том числе в одном из пересечений его концентрация достигает 1,8 % на 0,2 м.

Главными урановыми минералами на этих объектах являются настуран, коффинит и браннерит. В ассоциации с ними отмечаются хлорит, серицит-гидрослюдистый агрегат, большое количество сульфидов (пирит, халькопирит, молибденит, галенит) и оксиды титана, реже устанавливаются редкоземельные карбонаты и фторкарбонаты. Помимо уран-сульфидного типа оруденения здесь в ряде случаев проявлена уран-фосфорная минерализация в виде нингиоита с апатитом. Урановое оруденение обоих типов развивается по предрудным жилам и прожилкам кварца.

Абсолютный возраст вкрапленной урановой минерализации на этих проявлениях отвечает 1,3–1,1 млрд. лет, наиболее богатой прожилковой — 0,8–0,6 млрд. лет [4].

В пределах рудопроявлений Фланговое, Узловое и Центральное, наряду с полихронным рифейским оруденением, проявлена позднемезозойская золото-урановая и уран-ториевая минеральные ассоциации, характерные для соседней области мезозойской ТМА Алданского щита.

Основные положения эволюционно-геологической модели формирования уранового оруденения в Чарском районе [4] сводятся к следующему. В пределах района раннепротерозойские рудоподготовительные процессы выразились в виде регионального метаморфизма в условиях зеленосланцевой и амфиболитовой фаций с содержанием в породах урана в среднем до 4 г/т, многофазной гранитизации с ростом в каждой новообразованной фазе гранито-гнейсов и гранитов тория и урана. Среднее содержание последнего в заключительную фазу достигало 7 г/т и более. В дальнейшем в региональных долгоживущих зонах разломов северо-западного и субмеридионального направлений формировались ураноносные биотит-кварц-полевошпатовые метасоматиты с вкрапленностью уранинита и урансодержащих монацита и ксенотима.

Важное значение для рудообразования в Чарском районе имели позднепротерозойские активизационные процессы, выраженные подновлением древних региональных зон разломов, нередко в парагенезисе с надвиговыми дислокациями и проявлением в раннем и среднем рифее базитового магматизма в виде многочисленных даек. Надвиговый тектогенез способствовал диафорезу ураноносных биотит-кварц-полевошпатовых метасоматитов с образованием вкрапленной урановой минерализации. В позднем рифее очередное внедрение даек основного состава сменилось гидротермально-метасоматическими процессами кислотной направленности с возникновением уран-сульфидного и уран-фосфорного оруденения. Источником U, Mo, TR и P для этих двух типов руд являлись катаклазированные и брекчированные биотит-кварц-полевошпатовые метасоматиты с вкрапленностью уранинита, молибденита, ксенотима и монацита. Уран и молибден сульфидного типа руд осаждались из гидротермальных растворов в условиях восстановительной обстановки преимущественно на углеродсодержащих сланцах фундамента. Формирование уран-фосфорного оруденения происходило в гранитоидных породах фундамента не содержащих углеродистых образований. Завершающий этап эндогенного уранового рудообразования в Чарском районе связан с мезозойской ТМА, наиболее ярко проявившейся восточнее, в пределах Алданского щита. В этот период происходило подновление древних и образование новых зон разломов, возникновение дифференцированного щелочноземельно-щелочного комплекса малых интрузий и формирование уранового и золото-уранового оруденения.

В северо-западной и южной частях Чарского района выделяются перспективные на обнаружение месторождений урана площади, которые представляют собой области сочленения долгоживущих разломов с зоной предрифейского несогласия и характеризуются наличием рифейских ураноносных метасоматитов. Две из них намечаются в 10 км к юго-востоку (Водораздель-

ная площадь) и к юго-западу (Догалдынская площадь) от месторождения Чепок. На юге Чарского района выделяется перспективная многокилометровая субширотная полоса (Бухаровская площадь), в центральной части которой расположено одноименное рудопроявление урана. В этой же части района находится перспективная на обнаружение месторождений золота мезозойского возраста Мигматитовая площадь — отрезок крупной субмеридиональной зоны, протягивающийся от рудопроявлений Фланговое, Узловое и другие в южном направлении на первые десятки километров. На этих площадях необходимо проведение стадийных поисковых и поисково-оценочных работ с бурением и использованием широкого комплекса геолого-геофизических, геохимических и иных методов исследований.

Одной из основных задач отечественной урановой геологии являются воспроизводство и расширение сырьевой базы природного урана на основе выявления крупных высокорентабельных месторождений эндогенного класса. При этом надо учитывать, что почти две трети нашей страны заняты платформенными осадочными образованиями значительной мощности, где возможности обнаружения таких месторождений урана крайне ограничены. Подобные месторождения локализируются в древних кристаллических щитах и разновозрастных складчатых системах. Более всего эти геологические образования распространены в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, где в настоящее время сосредоточено около 90 % всех балансовых запасов урана страны, а возможности новых открытий далеко не исчерпаны. В этом плане зона южного обрамления Восточно-Сибирской плиты представляется одной из первоочередных мегаструктур, требующей дальнейшего изучения и опоскования, особенно в связи с большой вероятностью наличия в ней скрытых и погребенных месторождений урана. Для успешной реализации поисков необходимы:

разработка и совершенствование рациональных комплексов методов, адаптированных к конкретным геолого-структурным и ландшафтно-геоморфологическим обстановкам региона. Наряду с традиционным набором детальных геологических, геофизических, геохимических и гидрогеохимических методов должны использоваться новые, такие как атмогеохимический, ионно-газовый, изотопно-почвенный, гелиевый и другие, способные маркировать рудоносные структуры на глубине;

создание поисковых моделей применительно к геологическим условиям районов южного обрамления Восточно-Сибирской плиты с разработкой уточненной информативной системы прогнозирования и поисков урановорудных полей и месторождений основных геолого-промышленных типов;

плановое проведение опережающих специализированных исследований масштаба 1:200 000 — 1:50 000, сопровождающихся геолого-геофизическими, минералого-петрографическими и буровыми работами, объемы которых позволят получить достаточную информацию для глубинного прогноза и выделения участков недр под поиски скрытых объектов;

на основе объемных геолого-геофизических геохимических и других моделей поиски и оценка уранового оруденения, в том числе слабо проявленного и слепого в пределах выделенных локальных площадей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бабкин Н.Я., Гребенкин Н.А., Долгушин А.П. и др. Эволюционно-геологическая модель формирования «слепых» и слабопроявленных месторождений урана типа «несогласия» в Восточном Присяянье // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 3. — С. 3–8.
2. Булдыгеров В.В., Собаченко В.Н. Проблемы геологии Северо-Байкальского вулcano-плутонического пояса. — Иркутск: Изд-во Иркутского университета, 2005.
3. Бухаров А.А. Геологическое строение Северо-Байкальского краевого вулканического пояса. — Новосибирск: «Наука» СО АН СССР, 1973.
4. Гребенкин Н.А. Геолого-генетические особенности гидротермально-метасоматических урановых концентраций в Чарском районе: Автореф. дисс... канд. геол.-минер. наук. — М.: ВИМС, 2013.
5. Долгушин А.П., Серяков В.В. Уран Енисейского кряжа: история поисков, выявленные объекты и перспективы промышленной ураноносности / Уран: геология, ресурсы, производство.: Сб. трудов Третьего международного симпозиума. — М.: ВИМС, 2013. — С. 61–72.
6. Ларин А.М., Сальникова Е.Б., Котов А.Б. и др. Северо-Байкальский вулcano-плутонический пояс: возраст, длительность формирования и тектоническое положение // ДАН. — 2003. — Т. 392. — № 4 — С. 506–511.
7. Макарьев Л.Б., Былинская Л.В., Голубев В.Н. и др. О возрасте урановых руд Северо-Байкальского региона // Матер. по геологии м-ний урана, редких и редкоземельных металлов. — М.: ВИМС, 2009. — № 153. — С. 88–96.
8. Машковцев Г.А. и др. К методологии прогнозирования высокорентабельных урановых месторождений // Отечественная геология. — 1995а. — № 9. — С. 21–27.
9. Машковцев Г.А. и др. Предпосылки формирования крупных гидротермальных и экзогенно-эпигенетических урановых месторождений // Геология рудных месторождений. — 1995б. — № 6. — С. 467–481.
10. Мигута А.К., Модников И.С. Историко-геологическая модель эндогенного уранового рудообразования // Отечественная геология, 1995. — № 1. — С. 28–35.
11. Мигута А.К., Модников И.С. Методические рекомендации по выделению и оценке районов, перспективных на выявление высокопродуктивного эндогенного уранового оруденения. — М.: ВИМС, 1999.
12. Пушкаренко А.И., Корнаков В.В., Вылков С.П., Царук И.И. Геологическое строение и рудоносность Бульбухтинской площади // Матер. по геологии м-ний урана, редких и редкоземельных металлов. — М.: ВИМС, 2004. — Вып. 145.
13. Соколов Ю.М., Сумин Л.В., Тимофеев Б.В. и др. Геологический возраст метаморфогенных и рудных формаций Байкало-Патомской складчатой области // Геология рудных месторождений. — 1985. — № 1. — С. 48–57.
14. Тюленева В.М., Чистякова Н.И., Дубинчук В.Т. и др. Минеральные ассоциации, эпохи и эволюция уранового рудогенеза в Северном Прибайкалье // Разведка и охрана недр. — 2009. — № 3. — С. 25–32.
15. Тюленева В.М., Курбатов А.В., Самгин-Должанский И.С. Минеральные ассоциации, вещественный состав, этапы формирования уранового оруденения на участке Дорожный Аkitканского района // Матер. по геологии м-ний урана, редких и редкоземельных металлов. — М.: ВИМС, 2010. — С. 175–191.
16. Уран российских недр / Под ред. Г.А. Машковцева. — М.: ВИМС, 2010.
17. Царук И.И., Кирицкий А.С., Ломыга П.В. и др. Геологическое строение и ураноносность Домугдинско-Черепаниховской ВТС Аkitканского урановорудного района // Матер. по геологии м-ний урана, редких и редкоземельных металлов. — М.: ВИМС, 2008. — № 152. — С. 44–67.
18. Шашорин Б.Н. Тектоника и металлогения урана Северного Прибайкалья // Разведка и охрана недр. — 2009. — № 8. — С. 7–13.
19. Шашорин Б.Н. Палеотектоника, этапы структурной эволюции и ураноносность Аkitканского вулcano-плутонического пояса // Матер. по геологии м-ний урана, редких и редкоземельных металлов. — М.: ВИМС, 2010. — С. 211–223.

© Коллектив авторов, 2015

Машковцев Григорий Анатольевич // vims@df.ru  
 Гребенкин Николай Анатольевич // grebenkin2@mail.ru  
 Мигута Анатолий Константинович // vims@df.ru  
 Щеточкин Валерий Николаевич // vims@df.ru