

оценка проявленности ведущих факторов экзогенно-эпигенетического уранового рудообразования, в т.ч. эпигенетических преобразований окислительного и восстановительного характера, типовых урановых концентраций, благоприятных литолого-структурных обстановок и других с выделением по их совокупности перспективных площадей и разработкой геолого-поисковых моделей.

Первоочередной для проведения опережающих специализированных исследований должна явиться Амуро-Зейская впадина. По результатам работ в определенной мере будут скорректированы прогнозные оценки на другие структуры ЮДВР и уточнены методология и методика проведения прогнозно-поисковых работ в этом регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гидрогеология СССР*. Хабаровский край и Амурская область. Т. XXIII. — М.: Недра, 1971. — 512 с.
2. Дойникова О.А. Минералогия урана в восстановительной зоне гипергенеза (по данным электронной микроскопии). — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. — 216 с.
3. Кисляков Я.М., Щеточкин В.Н. Гидрогенное рудообразование. — М.: Геоинформмарк, 2000. — 608 с.
4. Коковкин А.А. Кайнозойские экзогенные рудообразующие системы Востока Азии // Отечественная геология. — 2005. — № 4. — С. 60–69.
5. Коноплев А.Д., Максимова М.Ф. Литолого-фациальные и минералого-геохимические особенности месторождений в палеодолинах // Советская геология. — 1989. — № 11. — С. 89–96.
6. Коноплев А.Д., Максимова М.Ф. Роль гидрогенных месторождений в расширении минерально-сырьевой базы урана России // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. — Вып. 144. — М., 2002. — С. 110–117.
7. Коченов А.В., Халдей А.В. К вопросу об источниках урана в экзогенных эпигенетических месторождениях // Литология и полезные ископаемые. — 1997. — № 4. — С. 371–378.
8. Машковцев Г.А., Константинов А.К., Мигута А.К. и др. Уран российских недр. — М.: ВИМС, 2010. — 850 с.
9. Никитина Е.С., Прохоров Д.А. Геологическое строение уранового месторождения Намару и минералого-геохимические особенности руд и рудовмещающих пород (Витимский урановорудный район) // Геология и разведка. — 2012. — № 4. — С. 26–31.
10. Никитина Е.С., Прохоров Д.А. Закономерности локализации оруденения, минеральный состав руд и рудовмещающих пород уранового месторождения Кореткондинское (Витимский урановорудный район) // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. — 2012. — № 6. — С. 44–50.
11. Самович Д.А. История изучения и современное состояние минерально-сырьевой базы урана Восточной Сибири // Разведка и охрана недр. — 2005. — № 10. — С. 7–9.
12. Самович Д.А. Минерально-сырьевая база урана юга Восточной Сибири // Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. — Вып. 148. — М., 2005. — С. 117–130.
13. Самович Д.А., Дзядок С.А., Митрофанов Е.А. и др. Витимский урановорудный район. — Иркутск: ФГУП «Урангеологоразведка» БФ «Сосновгеология», 2015. — 102 с.
14. Тарханова Г.А., Дубинчук В.Т., Чистякова Н.И. и др. Особенности минерального состава и условий формирования руд Вершинного месторождения // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 6. — С. 7–13.
15. Халдей А.Е., Расулова С.Д., Коченов А.В., Данковцев Р.Ф. Историко-геологические предпосылки образования ураноносных палеодолин // Отечественная геология. — 1998. — № 5. — С. 28–31.
16. Шмариович Е.М., Белов Н.С. Проблемы рудного эпигенеза и общие перспективы выявления новых эпигенетических месторождений урана в породах осадочного чехла территории СССР. — М., 1975. — 311 с.

© Коллектив авторов, 2015

Алтунин Олег Викторович // paramargo@yandex.ru
 Митрофанов Евгений Александрович // mitevgen@mail.ru
 Расулова Светлана Джабаровна // nikitina@vims-geo.ru
 Коковкин Александр Александрович // kokovkin@itig.as.khb.ru
 Дзядок Сергей Александрович // dzyadok@urangeopoisk.ru
 Никитина Екатерина Сергеевна // nikitina@vims-geo.ru
 Прохоров Данила Артемович // prokhorov@vims-geo.ru

Миронов Ю.Б., Карпунин А.М., Пуговкин А.А.
 (ФГУП «ВСЕГЕИ»)

УРАНОВЫЙ ПОТЕНЦИАЛ РУССКОЙ ПЛИТЫ

Рассмотрены состояние и перспективы ураноносности Русской плиты. Приведена характеристика урановорудных районов и известных месторождений, в том числе объектов «поверхностного типа», представляющих практический интерес. Выделены перспективные территории для поисков урановых месторождений различных типов. Ключевые слова: месторождение, Русская плита, рудный район, уран.

Mironov Yu.B., Karpunin A.M., Pugovkin A.A. (VSEGEI)
 THE URANIUM POTENTIAL OF THE RUSSIAN PLATE

State and prospects of uranium mineralization of the Russian Plate are considered. The characteristic of uranium ore districts and well-known deposits, including objects of the «surface-type» of practical interest is shown. Prospective areas are selected for exploration of uranium deposits of various types. Key words: deposit, Russian Plate, ore district, uranium.

Наращивание собственного уранового потенциала России является весьма актуальной задачей. Один из реальных путей ее расширения заключается в необходимости доизучения крупных провинций, где поисковые работы на уран не проводились в достаточных объемах в советский период вследствие открытия уникальных урановорудных районов в Средней Азии, Казахстане и Украине.

Это в первую очередь относится к Русской плите (РП) — российской части Восточно-Европейской платформы (ВЕП). За длительную историю ее исследований здесь были выявлены многочисленные рудопроявления и мелкие месторождения урана различного типа — осадочно-диагенетические, палеодолинные, гидрогенные, ураново-угольные, ураново-битумные и неясного генезиса. Авторы рассматривают урановый потенциал РП с новых позиций и приводят рекомендации по дальнейшим исследованиям, направленным на выявление урановых месторождений «песчаникового» типа. Наряду с чехлом древней ВЕП в рассмотрение вовлечены примыкающие к ней молодые платформы — эпикальская Тимано-Печорская и эпигерцинская Скифская — в связи с тем, что чехлы этих платформ объединены общими условиями формирования осадочных пород.

Обширные специальные сведения об ураноносности РП обобщены и представлены Г.В. Грушевым с соавторами [2]. Подчеркивается, что из всех платформ Евразийского континента РП характеризуется самым спокойным эпейрогеническим типом развития на протяжении фанерозоя и практически лишена признаков активной магматической деятельности в этот период. Урановый потенциал платформ связан с целым рядом геологических факторов: стадий развития (трансгрессия — инундация — регрессия — эмерсия), геохимических обстановок (окислительная, восстановительная),

климата (аридный, гумидный), проявлений тектонической и тектоно-магматической активности, уровня нефтогенной составляющей в виде залежей каустобиолитов или иных форм органического вещества, наличия потенциальных источников урана, что в совокупности реализуется на протяжении ряда урановорудных эпох — отрезков геологического времени поступления урана в миграционный цикл и его осаждения на различных геохимических барьерах.

Примечательно, что в эти эпохи отложение урана одновременно фиксируется на отличных друг от друга барьерах седиментации, что приводит к образованию латерального ряда урановых накоплений, нередко отмечаемого исследователями [1]. Надежным хронологическим репером латерального ряда выступают осадочно-диагенетические концентрации урана в черных сланцах. Наиболее наглядным примером является латеральный ряд урановых накоплений на Западно-Сибирской платформе, где отчетливо наблюдается синхронность формирования ураноносных баженовитов и урановых концентраций палеодолинного типа позднелурско-раннемеловой урановорудной эпохи.

Урановый потенциал РП рассмотрен на основе характеристик выделенных в свое время (ВСЕГЕИ, 2007) урановорудных (УРР) и потенциально урановорудных (ПУРР) районов; материал изложен в хронологической последовательности — от более ранних скоплений урана в осадочных породах к молодым. Всего в осадочном разрезе РП к настоящему времени известно два урановорудных района и семь потенциально урановорудных (рисунок). Сведения о прогнозных ресурсах урана приводятся по состоянию на 01.01.2013 г.

Невско-Волховский ПУРР занимает наиболее раннее стратиграфическое положение в разрезе РП. Район расположен в области сочленения Балтийского щита и осадочного чехла платформы. Урановое оруденение локализовано на глубине 250–410 м в песчано-глинистых отложениях редкинского горизонта, перекрывающих кору выветривания кристаллических пород (AR-PR) фундамента. Осадочные породы входят в состав морской вулканокласто-алевроитно-глинистой формации, образованной в инундационную стадию поздневендского этапа развития. Выявленные урановорудные объекты отнесены к урановой формации в базальных горизонтах плитного комплекса (месторождения: Славянское, Рябиновское, Ратницкое, рудопроявления: Мгинское, Долгое, Ново-Ладожское, Черноушевское). Рудные тела месторождений характеризуются убогим содержанием урана (максимум 0,08 % на мощность 5,6 м), рудные залежи имеют линзообразную форму и располагаются хаотично на площади n км². Основными урановыми минералами являются настуран, коффинит и урановые черни. С ними ассоциируют пирит, галенит, в меньшей степени молибденит и сфалерит. Генезис урановых руд дискусионен. Существуют три концепции их формирования: экзогенная сингенетическая, экзогенная эпигенетическая инфильтрационная в связи с древними зонами пластового окисления и полигенная с разнотипными процессами рудогенеза в зоне предвендского структурно-стратиграфического несогласия.

При изучении разреза **Славянского месторождения** установлено, что проницаемость пород изменчива как по вертикали, так и в плоскости пласта. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,001 до 0,188 м/сут. Карбонатность пород в 75 % образцов не превышает 1 %. Из 20 изучавшихся монолитов в пяти извлечении урана в раствор составило 67–96 %, в семи — 40–60 %, в шести — 10–40 % и в двух — менее 10 %. Легкорастворимый уран находится в разномезернистых темно-серых и черных песчаниках, обогащенных железом и органическим веществом [6].

Прогнозные ресурсы урана кат. Р₃ Невско-Волховского ПУРР составляют 312 тыс. т (ВИМС, 2008).

До конца не выясненная природа образования кондиционных урановых руд «преддвовского несогласия» стимулирует расширение поисков урана на этом стратиграфическом уровне на флангах Невско-Волховского ПУРР, а также на юго-восточном склоне Балтийского щита от Заонежья до Архангельской области, где рудовмещающие базальные отложения венда залегают на доступных глубинах и определяют возможность отработки урановорудных залежей методом СПВ.

Прибалтийский УРР занимает более высокий стратиграфический уровень. Район расположен между Финским заливом и Ладожским озером, имеет отчетливо вытянутую форму, обусловленную выходами диктионемовых сланцев в составе венд-палеозойского чехла. Сланцы накапливались в течение пакерортского и лэтского времени тремадокского века и принадлежат морской сланцево-песчаной фосфоритоносной формации раннего ордовика, отлагавшейся в трансгрессивную стадию развития платформы. Диктионемовые сланцы ураноносны по всей площади распространения на расстоянии более 300 км при ширине 5–20 км. Содержание урана достигает 0,176 %. В пределах района открыто и разведано пять месторождений урана со средним содержанием 0,02–0,035 %: Котловское (6,2 тыс. т), Раноловское (2 тыс. т), Кайболовское (5,7 тыс. т), Кумоловское (57,96 тыс. т) и Красносельское (13,07 тыс. т), и ряд рудопоявлений в восточной части района. Выше 90 % урана в диктионемовых сланцах концентрируется в органическом веществе, в фосфатных оолитах и алюмосиликатном веществе, что обуславливает очень сложную схему обогащения. Важным обстоятельством на сегодняшний день является наличие в сланцах до 20 % керогена. Генезис месторождений экзогенный сингенетический: они возникли при формировании глинисто-песчаных осадков в прибрежных условиях мелководного моря [5].

Прогнозные ресурсы урана Прибалтийского ПУРР кат. Р₃, несмотря на низкие содержания, ввиду значительных объемов породы составляют по разным источникам 616,5 тыс. т [5] и 285 тыс. т [2]. Наряду с ураном в диктионемовых сланцах отмечено наличие (г/т): рения — до 0,15, палладия — до 1,1, платины — до 0,065, золота — до 0,43, молибдена — до 1500, свинца — до 1000, ванадия — до 5000, серебра — до 300.

Выше по стратиграфическому разрезу чехла РП локализируются палеозойские урановые скопления двух типов — палеодолинного (Подмосковный и Воро-

нежский ПУРР) и ураново-битумного (Жигулевский и Печорский ПУРР).

Подмосковный ПУРР расположен в центральной части Восточно-Европейской платформы. Мощность осадочных пород превышает 1 км. Подмосковный район тяготеет к окраинам Сарматского и Волго-Уральского геоблоков архей-раннепротерозойского фундамента, осложненных рифейскими Подмосковным и Пачелским авлакогенами и Волыно-Оршанской впадиной.

По отношению к структурам РП район находится в области сопряжения склона Воронежской антеклизы и Московской синеклизы. Подавляющее большинство рудных объектов размещается в терригенных отложениях каменноугольного возраста ($C_1 v$), представленных породами русловой и пойменной фаций мощностью от 15 до 45 м (разнозернистые пески, алевриты, глины, в разной степени обогащенные углистым детритом, продуктами гумификации углистого вещества, дисульфидами железа и пр.), залегающими на глубине 30–200 м. Рудовмещающие отложения формировались в условиях озерно-болотной и озерно-аллювиальной равнины на этапе регрессии моря с большей части РП. В районе развиты две системы палеорек: Сафоново-Бяратинская и палео-Ока. Бельское и Брикетно-Желтухинское месторождения урана, отнесенные к палеодолинному типу, приурочены к верховьям притоков этих рек. В рудовмещающих отложениях известны нечетко выраженные признаки грунтового и грунтово-пластового окисления.

Урановорудные тела также встречаются в подстилающем известняковом фундаменте (морская формация девона — нижнего карбона) и в перекрывающих терригенных юрско-меловых отложениях.

В Подмосковном районе известно два вышеупомянутых малых месторождения и 18 рудопроявлений урана. Оценочные работы на уран проведены только на известных месторождениях.

На **Брикетно-Желтухинском месторождении** на площади ~10,6 км² развито пригодное для отработки методом СПВ уран-рений-молибденовое оруденение. Рудные залежи имеют линзо-, пласто- и лентообразную морфологию. Карбонатность пород — менее 0,1% (единичные пробы — 0,62%). Содержание $C_{ор}$ и $S_{инр}$ в песках изменяются от ~0,01% (уплотненные белочетные пески) до ~10% (черноцветные пески). Мощность урановорудных интервалов от 0,10 до 2,85 м, средняя суммарная по скважинам — 2,4 м (от 0,35 м до 4,70 м).

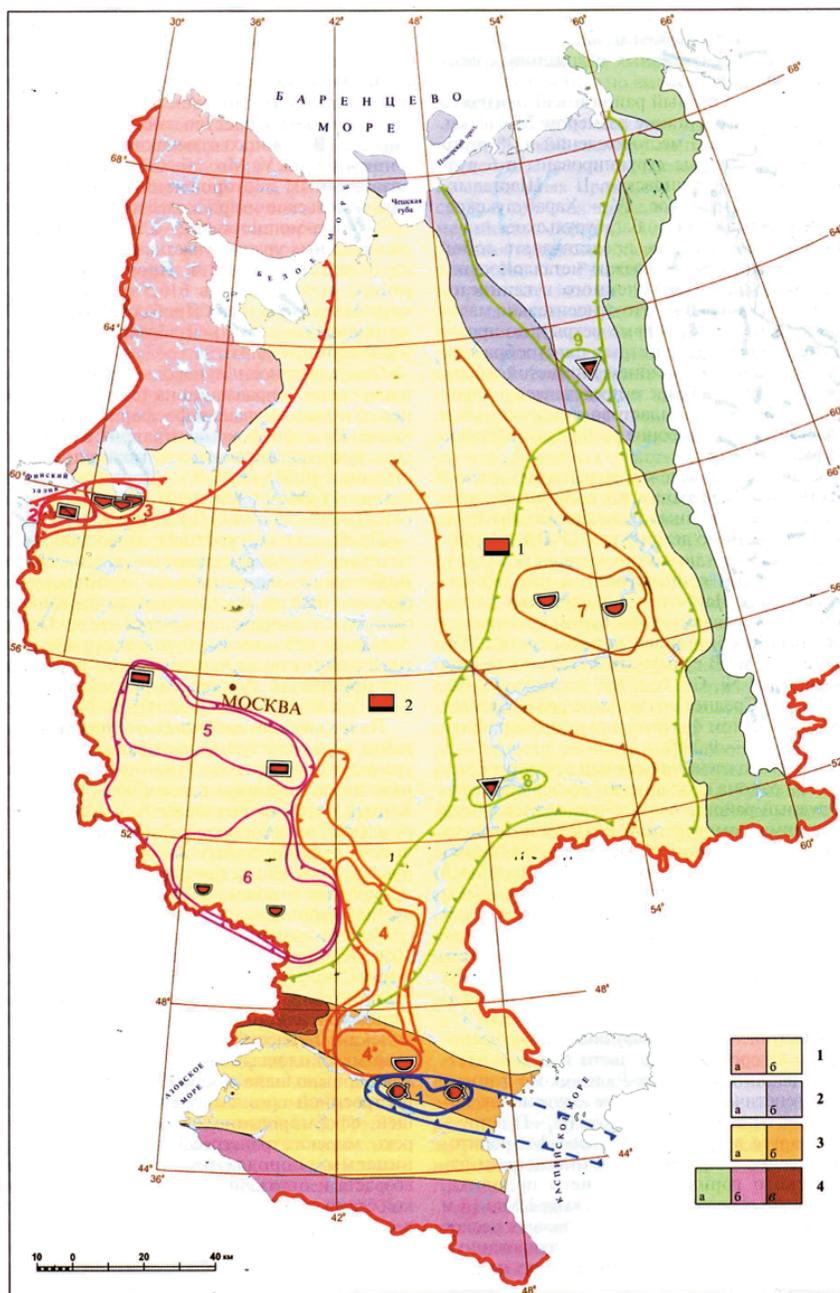


Схема размещения урановорудных и потенциально урановорудных районов в чехле Восточно-Европейской, Скифской и Тимано-Печорской платформ: 1 — Восточно-Европейская платформа: Балтийский щит (а), Русская плита (б); 2 — Тимано-Печорская платформа: плита (а), Тиманский кряж (б); 3 — Скифская платформа: плита (а), кряж Карпинского, погребенный под плитой (б); 4 — складчатые области Урала (а), Большого Кавказа (б), Донбасса (в)

Средневзвешенные содержания урана по сечениям варьируют от 0,010 до 0,053% (среднее 0,019%). Средняя суммарная продуктивность по скважинам — 0,046 м·% при диапазоне 0,010–0,077 м·%. Коэффициент радиоактивного равновесия $K_{pp} = 0,78$.

Наиболее широко распространена безминеральная сорбционная форма урана, реже обнаруживается его оксид, еще реже — тонкодисперсные образования коффинита и нингиюита. Присутствует многокомпонентное аморфное вещество, содержащее уран, железо, серу, молибден и пр. Рудные минералы располагаются в слоистых алюмосиликатах, углистом веществе, в виде

Таблица
Условные обозначения к рисунку (металлогенические таксоны на уран)

Стадии тектонического развития	Металлогенические подразделения						Типы уранового оруденения	Знаки м-ний на схеме	Наименование месторождений	
	I и II порядка		Районы			Но-мер				
	Наименование	Знак	Тип	Знак	Наименование					
Инувационная	Ергени-Мангышлакская урановорудная зона (УРЗ)		Урановорудный		Ергенинский	1	Фосфорно-редкометалльно-урановый костно-детритовый P ₃ к _с		Всего 13 месторождений (Яшкульское, Степное и др; Цубукское)	
					Прибалтийский	2	Урановый в диктионемовых сланцах (и фосфоритах) O ₁ pk		Кингисеппское, Котловское, Красносельское	
Трансгрессивная	Северо-западная потенциально урановорудная область (ПУРО)			Потенциально урановорудный		Невско-Волховский	3	Урановый базальный в основании чехла V ₂ rd		Славянское, Рябиновское, Ратницкое
						Палеодонской (Гашунский)	4 (4 ^и)	Урановый в палеодолинах N ₁		Балковское
						Регрессивная	Воронежская ПУРО			Подмосковный
Воронежский	6	Урановый в палеодолинах D ₃ , C ₁₋₂			Кулешовское проявление, Белгородская группа проявлений					
Верхнекамский	7	Урановый палеодолинный в пестроцветных отложениях P ₂			Черепановское, Виноградовское					
Тектоническая активизация	Приуральско-Донецкий перспективный битумно-урановый пояс				Жигулёвский	8	Битумно-урановый C ₃ g		Репьёвское	
					Печорский	9	Битумно-урановый C ₁₋₂		Бадьельское	
Эмерсивная	Перспективные месторождения						Урановый в торфяниках Q		Каринское (1), Тешинское (2)	

присыпки на кристаллах пирита и в виде пленочных образований на углистом веществе.

Рений образует наиболее широкий ореол. Мощность этого ореола в разрезе по $C_{\text{борт}}$ 0,5 г/т колеблется от 8,6 до 21,60 м, составляя в среднем 14,3 м. Содержания рения внутри выделенных интервалов колеблются от $n \cdot 0,1$ г/т до 150 г/т. Средневзвешенные содержания по скважинам в проницаемых породах изменяются от 0,5 до 11,8 г/т (среднее 3,37 г/т), суммарная продуктивность — от 17,88 до 113,28 мг/т (среднее 48,19 мг/т) (0,081 кг/м²). Минеральные формы рения не установлены.

Мощность молибденсодержащих интервалов в разрезе ($C_{\text{борт}} = 0,005 \%$) варьирует от 0,10 до 5,40 м (средняя 2,73 м), содержание — от 0,007 до 0,410 % при средневзвешенном — 0,040 %, продуктивность — от 0,003 (0,05 кг/м²) до 0,994 м·% (16,9 кг/м²) при средней — 0,109 м·% (1,84 кг/м²). Молибден представлен чешуйчатыми и таблитчатыми кристаллами молибденита и призматическими кристаллами иордизита.

Ореол селена, выделенный по $C_{\text{борт}}$ 18 г/т, прослеживается в верхней части уранового оруденения и тяготеет преимущественно к светло-сероцветным пескам. Минеральная форма селена не установлена. В рудных телах отмечаются повышенные концентрации серебра и редких земель.

Прогнозные ресурсы кат. P₂ этого месторождения составляют 5,3 тыс. т урана, 6 тыс. т молибдена и 264 т рения. Прогнозные ресурсы кат. P₂ рудного поля — 8 тыс. т урана, 9 тыс. т молибдена и 339 т рения.

Бельское месторождение по геологическим особенностям и характеру оруденения аналогично Брикетно-Желтухинскому. Урановое оруденение залегает на глубине 14–150 м в виде дугообразной полосы протяженностью 3,5 км, шириной 1,5 км. По бортовому содержанию 0,01 % выделено 28 рудных пластов и линз средней мощностью 0,54 м, протяженностью 150–800 м. Среднее содержание урана — 0,044 %. Прогнозные ресурсы урана кат. P₂ составляют 5348 т. Помимо урана руды содержат Mo (до 0,06 %), Cu (до 0,1 %).

Металлогенический потенциал урана района составляет 100 тыс. т.

Воронежский ПУРР расположен в пределах Воронежского кристаллического массива (ВКМ), перекрытого фанерозойским чехлом. Характерной особенностью ВКМ является наличие в его пределах субмеридиональной Лосевской шовной зоны, где в коре выветривания раннепротерозойских флишидных толщ выявлены аномалии радиоактивности. В пределах осадочного чехла (D-C; J; K; P; N) проявления урановой минерализации и аномалии радиоактивности приурочены к южному и юго-восточному склону Воронежской антеклизы. Всего в пределах района установлено несколько типов урановорудных объектов: типа несогласия (австралийский подтип); альбититовый (рудопроявление Опытное); в связи с железорудными толщами (Стойленское, Коробковское, Центральное, Волотовское, Александровское и Муютинское; содержания урана в железистых кварцитах достигает 0,2 %).

На южном склоне Воронежской антеклизы многочисленная группа проявлений урана пространственно контролируется Прохоровской палеодолиной, объединяющей аллювиальные отложения нескольких стратиграфических уровней ($D_3\text{mm}$, C_1v , J). Разновозрастные палеодолины примыкают к гряде кристаллических пород архей-протерозойского фундамента в апикальной части ВКМ и имеют как базальный, так и внутриформационный характер. В пределах Воронежского ПУРР выделяются две ураноносные зоны: Мамонская в области распространения мамонских ($D_3\text{mm}$) отложений Прохоровской палеодолины (с признаками эпигенетического грунтово-пластового окисления) и Белгородско-Кантемировская, объединяющая урановые концентрации в угленосных отложениях каменноугольных палеодолин (C_1v) и в отложениях терригенно-карбонатной угленосной формации (C_{2-3}). В пределах осадочного чехла выявлено 14 аномалий радиоактивности интенсивностью от 26 до 1000 мкР/ч, приуроченных к отложениям мамонской толщи.

Прогнозные ресурсы урана кат. P_3 Воронежского ПУРР составляют 20 тыс. т. Этот район требует дальнейшего изучения в связи с широким развитием палеодолин, в том числе базальных, наличием признаков грунтово-пластового окисления и высокого восстановительного потенциала рудовмещающих отложений [2].

Жигулевский ПУРР расположен на северном склоне Жигулевско-Пугачевского свода, осложненного Жигулевским валом, представляющим собой флексуроподобную складку длиной 360 км и шириной 10–20 км. В качестве структур II порядка рассматриваются асимметричные валообразные поднятия с крутыми северными и пологими южными крыльями. К этим поднятиям и приурочено уран-битумное оруденение (месторождение Репьевское, рудопроявления Новоспасское, Сызранское).

На **Репьевском месторождении** выявлены три рудные залежи общей протяженностью 3–5 км при ширине 1–3 км, представленные серией субпараллельных тел. Мощность ураноносных пластов колеблется от 0,5 до 16 м, содержание урана — от 0,01 до 0,397 %. Возраст уранового оруденения, указывающий на время тектонической активизации региона, составляет 160 млн. лет. Степень проявленности прогнозно-геологических критериев оруденения уран-битумного типа достаточно полная. По характеру, типу оруденения, геолого-экономическим позициям и степени перспективности месторождение Репьевское и район в целом можно отнести ко второй очереди для постановки прогнозно-поисковых и оценочных работ. Изученность района на уран высокая. В связи с этим утвержденные прогнозные ресурсы урана кат. P_3 невелики и составляют 5 тыс. т (ВИМС, 2008).

Печорский ПУРР расположен в области сочленения Тиманского поднятия и Печорской синеклизы. Выявленные объекты битумно-уранового типа размещаются в отложениях верхнего девона, карбона и перми (D_3 — P_2). Основной региональной рудоконтролирующей структурой является Овра-Сойвинский купол, а в его пределах урановое оруденение контролируют мелкие локальные антиклинальные структуры и разрывные

нарушения субширотной и северо-восточной ориентировки. В пределах района установлены урановые объекты двух типов: ураново-битумного (месторождение Бадьельское, рудопроявления Сотчемшор, Прилуцкое) и сульфидно-уранового (рудопроявления Глубинное и Верхнеомнинское).

На **Бадьельском месторождении** ураново-битумное оруденение размещается в полосе субширотного простирания вдоль Бадьельского разлома на глубине от 150 до 250 м. Рудные тела линзообразные, прерывистого типа. Среднее содержание урана 0,211 % на мощность 1,37 м. Запасы кат. C_1+C_2 составляют 14,8 т, прогнозные ресурсы кат. P_1 — 429,2 т.

Прогнозные ресурсы урана района кат. P_3 утверждены в количестве 10 тыс. т (ВИМС, 2008). Отсутствие технологий извлечения урана из руд ураново-битумных месторождений сдерживает как освоение объектов данного типа, так и дальнейшее их изучение в Жигулевском и Печорском ПУРР.

Верхнекамский ПУРР размещается в верхах палеозойского разреза РП. Месторождения и рудопроявления урана локализируются в южной части Верхнекамской впадины, выполненной верхнепермской пестроцветной формацией регрессивной стадии развития.

Урановое оруденение района связывается с внутриформационными пермскими палеорулами, сформированными в условиях спокойного тектонического режима платформы и характеризующимися большой шириной, интенсивным ветвлением и меандрированием. Протяженность палеодолин составляет n : 10 км, ширина — 2–5 км, глубина врезов — до 20–50 м. Днища их плоские, борта крутые. Важным в характеристике вмещающих урановое оруденение толщ является наличие в разрезе горизонтов проницаемых пород, отделенных друг от друга водоупорами. Относительно богатое оруденение образует линзо-пластообразные залежи, вытянутые вдоль бортов палеодолин на первые сотни метров при ширине первые десятки метров и мощности первые метры. В пределах района выявлены **Черепановское** и **Виноградовское месторождения** урана и многочисленные рудопроявления и проявления урановой минерализации в пермских палеодолинах.

Утвержденные ресурсы урана кат. P_3 составляют 90 тыс. т (ВИМС, 2008).

Урановое оруденение района может обрабатываться методом СПВ, однако из-за незначительных разведанных запасов месторождений и недостаточно изученных горно-технических условий вопросы эксплуатации могут быть решены только в дальнейшем. Можно полагать, что Верхнекамский ПУРР раскрыл еще не все возможности там, где урановые залежи, совмещенные с горизонтами медистых песчаников, в совокупности обладают существенным рудным потенциалом.

Кайнозойская продуктивная на уран эпоха для РП имеет важное значение. В этот период формировались месторождения урана двух рудных районов. В их число входят Ергенинский УРР (на Скифской платформе) и Палеодонской (Гашунский) ПУРР.

Ергенинский УРР находится в пределах Ергенинской возвышенности, в области сочленения Сальско-Маньчской гряды и Ургенинского уступа. Рудовмещающими

породами являются отложения морской глинистой формации майкопского времени (P_3-N_1) мк, содержащие костный детрит. Ураноносные образования («рыбные слои») заключены в породах нижнекалмыцкой подсвиты (P_3^3 кс₁). Глубина залегания продуктивных горизонтов колеблется от 170 до 900 м. Рудовмещающие горизонты имеют ритмичное строение, рудные залежи располагаются в основании каждого ритма осадконакопления.

В Ергенинском урановорудном районе установлено *13 месторождений*, 38 рудопроявлений и 25 проявлений минерализации, в том числе залежи: Степновская, Центральная, Яшкульско-Троицкая, Воробьевская, Нугринская, Северо-Харабулукская, Прудово-Южно-буратинская, Багабурульская, Шаргадыкская, Богородская и Цубукская. Залежи представляют собой маломощные (дециметры и первые метры), протяженные (многие километры) пластообразные тела, в плане неправильной формы с незначительным удлинением в каком-либо направлении. Среднее содержание редких земель и урана в костном детрите для рудного района в целом составляет: $\Sigma TR - 1,13\%$; $U - 0,2\%$.

Оруденение Ергенинского района является комплексным, прогнозные ресурсы урана кат. P_3 утверждены в количестве 30 тыс. т. (ВИМС, 2008). Ергенинский урановорудный район рассматривается в качестве резервного. Добычные работы возможно осуществлять как горным способом, так и методом СПВ.

Палеодонский ПУРР охватывает выходы средневерхнемиоценовых отложений, формирующих структуру палео-Дона, протягивающуюся с севера на юг более чем на 1200 км. На всем его протяжении основанием палеодолины являются терригенно-осадочные отложения палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Сама палеодолина выполнена сложнопостроенной среднемиоцен-четвертичной толщей мощностью до 300 м.

Обращают на себя внимание резкие различия в изученности на уран северной и южной частей района, что послужило основанием для его разделения на две площади: северную — Цимлянско-Хоперскую и Южную — Гашунскую.

В пределах Цимлянско-Хоперской площади выявлено Березовско-Островское проявление урана и свыше 30 аномалий радиоактивности интенсивностью от 18 до 105 мкР/ч, связанных с аллювиальными отложениями ольховской серии ($N_1 ol$). Урановое оруденение Березовско-Ольховского проявления залегает на глубине 45–145 м, мощность аномальных интервалов 1,4–4,0 м, содержание урана до 0,041 % на 0,2 м.

В пределах Гашунской площади выявлено *Балковское месторождение* урана и ряд рудопроявлений на ограниченной по площади территории, которые связаны с терригенными отложениями яшкульской свиты. На Балковском месторождении в интервале глубин 120–230 м выявлено пять рудных залежей протяженностью от 0,6 до 5 км при ширине 100–200 м. Среднее содержание урана составляет 0,021 % на мощность 2,4 м. Прогнозные ресурсы по кат. P_2 составляют 8,7 тыс. т. В настоящее время на месторождении завершены работы по технологической оценке урановых руд.

Утвержденные ресурсы урана района кат. P_3 оценены в 10 тыс. т (ВИМС, 2008). Однако проявленность прогнозно-геологических критериев уранового оруденения в палеорулах при слабой изученности территории позволяют увеличить металлогенический потенциал до 80 тыс. т. Для перспективного районирования весьма привлекательной представляется территория нижнего течения палео-Дона, где следует ожидать выявления урановых месторождений палеодолинного типа с промышленными параметрами рудных тел, пригодных для отработки методом СПВ.

В последние годы в РФ стал проявляться практический интерес к *месторождениям урана «поверхностного типа»*, связанными с торфяниками и весьма рентабельными при отработке методом кучного выщелачивания [4]. Эти объекты располагаются за пределом известных ПУРР и представляют интерес с позиций дальнейшей реализации уранового потенциала РП. Практически все урановые месторождения и рудопроявления этого типа на РП сосредоточены в пределах Волго-Уральской антеклизы (Каринское, Тешинское и др.).

Тешинское месторождение, рассматриваемое в качестве типоморфного, связано с одноименным торфяным месторождением, образовавшимся на месте старицы четвертичного возраста в пойме р. Теша, промывающей пестроцветные осадочные породы верхней и нижней перми. У южного окончания торфяника обнажаются пески и глины юрского и мелового возраста. Тешинский торфяник объединяет шесть обособленных массивов общей площадью 30,7 км². Средняя мощность торфов 2,1 м, максимальная — 6 м. В пределах торфяника выделено девять ураносодержащих залежей размерами (800×600)–(300×300) м при мощности от 0,5 до 4,0 м (средняя 1,1 м). Суммарная площадь залежей при содержании урана 0,01 % — около 3 км². Глубина залегания рудных тел 0–5 м. Содержание урана колеблется от «следов» до 0,247 %. Уран сорбирован в органическом веществе. Околорудные изменения не обнаружены. В золе торфа обнаружены повышенные содержания германия (в среднем 20 г/т). Для руд характерен сдвиг радиоактивного равновесия в сторону урана.

Данными по запасам урана Тешинского месторождения авторы не располагают. Но можно обратиться к информации по другим аналогичным ураноносным объектам. В частности, запасы ураноносных торфяников района Йоккмokka в Швеции составляют 564 т урана, предварительная оценка ресурсов рудопроявления Сиротинка в Забайкалье, локализованного в торфяниках Витимо-Каренского района, дает цифру 750 т, а Орогочинского рудопроявления (в том же районе) — 650 т (P_1) и 5800 т (P_2).

Показательно, что в Киргизии подготовлено к освоению месторождение подобного типа (Камышановское) в ураноносных низинных торфяниках. В 1962 г. месторождение изучалось геологами Каменской экспедиции, ресурсы его были оценены в 165 т. По данным ЗАО «МГК Инвест» запасы урана на месторождении составили 1775 т (2009 г.). Их дополнительный прирост возможен до 2500–3000 т. Блочная модель 3-го и 4-го участков предусматривает в составе руды количество торфа 3 435 000 т (среднее содержание урана 0,034 %) и

ила — 8 708 000 т (0,0067 %). В ближайшей перспективе намечена добыча и переработка 250 т урана в год. Побутные продукты переработки — газ, синтетическое топливо, строительный песок. Себестоимость закисл-окиси урана (U_3O_8) с учетом капитальных затрат составляет менее 44 дол. США за 1 кг (в ценах 2009 г.).

Исходя из современной изученности поверхностных месторождений в торфяниках, поиски объектов «поверхностного типа» целесообразно организовать в пределах РП на Токмовском и Татарском сводах, на сочленении Балтийского щита и РП (Северное Приладожье, Восточное Заонежье) и в других блоках с высокордиоактивными гранитами.

Приведенная информация возвращает нас к идее поисков, разведки и промышленного освоения так называемых малых месторождений, отработка которых может быть весьма рентабельной (несмотря на скромные запасы каждого в отдельности) за счет большого количества объектов на сравнительно ограниченной по площади территории. Этот вопрос поднимался ранее в геологической печати [3], но не получил должного резонанса.

Освоение малых поверхностных месторождений представляется привлекательным, благодаря нижеперечисленным факторам:

поиски и оценка проводятся мелким бурением, что устраняет необходимость дорогой буровой стадии поисков и разведки; достаточно приемлемая оценка большинства месторождений требует короткого периода полевых работ;

поскольку месторождения связаны с нелигифицированными, лежащими на поверхности почвами и осадками, они вполне пригодны для выщелачивания *in situ* и кучного выщелачивания с применением подвижных установок;

в связи с возможностью использования подвижных установок и низкой стоимостью разработок, запасы урана в месторождениях могут подсчитываться суммарно по району в целом, т.е. при поисках следует стремиться обнаружить как можно больше месторождений, чем отдавать все силы поискам одного крупного;

размеры залежей и сортность руд, вероятно, здесь не столь критичны, как для других типов урановых месторождений; жизнеспособность любого конкретного месторождения зависит от многих факторов: гидрогеологии, растительного покрова, природы фиксации урана, а также от условий землепользования; что касается концентраций урана, то наиболее важным параметром является количество урана на единицу площади поверхностной ловушки при достаточной глубине возможного выщелачивания;

отсутствие радиоактивных дочерних продуктов устраняет необходимость сооружения долгосрочных хранилищ для радиоактивных хвостов, а также детальных исследований по охране окружающей среды, которые могут быть разорительны для технических ресурсов некоторых развивающихся стран;

анализ состояния минерально-сырьевой базы урана, сформированной «поверхностными» месторождениями в связи с торфяниками в гумидных областях за рубежом свидетельствует об их незначительной роли; тем не менее, для России данный тип месторождений мо-

жет быть экономически выгодным ввиду значительного количества регионов с гумидным климатом, где установлены процессы торфообразования; большое количество торфяников представлено серией сближенных массивов, что делает добычу экономически рентабельной.

Таким образом, изложенный материал дает основание вернуться к изучению рудных районов на РП с различными типами уранового оруденения (в первую очередь палеодолинного, урано-битумного, черносланцевого, проблематичного «предгдовского несогласия», а также «поверхностного») с целью оценки их уранового потенциала. Слабое проявление молодых мезозойско-кайнозойских плейстектонических движений не оставляет больших надежд на выявление в пределах РП масштабных гидрогенных месторождений. Здесь следует ожидать открытия мелких и средних по масштабам урановых месторождений, которые могут образовывать промышленные скопления в приустьевых частях долин крупных речных систем, а также в верховьях палеодолин в обрамлении высокордиоактивных кристаллических массивов и примыкающих орогенов с вторичным накоплением урана в близповерхностных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев К.А., Карпунин А.М. Латеральные ряды экзогенной урановой минерализации / Докл. АН СССР. — 1979. — Т. 245. — № 3. — С. 713–715.
2. Грушевой Г.В., Миронов Ю.Б., Иванова Т.А. Ураноносность чехлы Русской платформы / Региональная геология и металлогения. — 2007. — № 32. — С. 28–39.
3. Денисов М.Н. Разведка и освоение малых месторождений рудных полезных ископаемых // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 1994. — № 5. — С. 31–33.
4. Миронов Ю.Б., Лебедева Г.Б., Пуговкин А.А. «Поверхностные» месторождения — новое направление развития минерально-сырьевой базы урана России // Региональная геология и металлогения. — 2015 (в печати).
5. Михайлов В.А., Чернов В.Я., Кушнеренко В.К. Диктионемовые сланцы Прибалтийского бассейна — перспективный объект промышленного освоения на уран и другие полезные ископаемые / Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. — Вып. 149. — М.: ВИМС, 2006. — С. 92–98.
6. Уран Российских недр / Г.А. Машковцев, А.К. Константинов, А.К. Мигула и др. — М.: ВИМС, 2010.

© Миронов Ю.Б., Карпунин А.М., Пуговкин А.А., 2015

Миронов Юрий Борисович // Yuri_Mironov@vsegei.ru
Карпунин Анатолий Михайлович // ogumr@vsegei.ru
Пуговкин Алексей Алексеевич // Aleksey_Pugovkin@vsegei.ru

УДК 553.495:553.2 (571.54/.55)

**Зайцев С.У., Чеканов В.Н. (АО «Сосновгео»),
Тюленева В.М., Гребенкин Н.А. (ФГУП «ВИМС»)**

ПЕРСПЕКТИВЫ УРАНОНОСНОСТИ ТАРБАЛЬДЖЕЙСКОЙ ВУЛКАНО-ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ)

Рассмотрено геологическое строение и ураноносность Тарбальджейской вулканотектонической структуры, закономерности локализации и минералогическо-геохимические особенности рудных концентраций, перспективы выявления урановорудных объектов. Ключевые слова: уран, рудообразование, минералогия, геохимия, Забайкальский край.