

создания динамических моделей для различных геолого-промышленных типов месторождений ТПИ. Описаны компьютерные технологии, программное и информационное обеспечение воспроизводства минерально-сырьевой базы ТПИ. Показано современное состояние обогащения и передела твердых полезных ископаемых. Детально освещены современные направления в процессах переработки твердых полезных ископаемых (рудоподготовительные операции, радиометрическое, флотационное, гравитационное, магнитное обогащение, кучное и подземное выщелачивание). На конкретных примерах показаны современные технологические решения при переработке различных типов ТПИ, в том числе ТПИ океана. Описаны современные методы, технические средства, контроль качества, оптимизация разведочных сетей, используемых при разведке и оценке месторождений полезных ископаемых. Рассмотрены технологии подготовки кондиций. Также представлены компьютерные технологии, программное и информационное обеспечение разведочно-го этапа.

### **Информационно-аналитический обзор «Новые тенденции использования минерально-сырьевой базы ведущих сырьевых стран».**

В обзоре рассмотрены 20 видов ТПИ, по которым проанализированы за период 2005–2014 гг. динамика мировой добычи и производства сырьевой продукции, а также сферы и объемы потребления. По подавляющему большинству видов сырья лидером добычи и производства сырьевой продукции (за исключением урана, где лидирует Казахстан) является Китай, а Россия часто входит в десятку лидирующих стран.

Выполненная работа позволила на новом информационном уровне оценить современное состояние мировой минерально-сырьевой базы и место в ней российской МСБ, а также наметить дальнейшие пути ее развития.

### **Заключение**

Распоряжением Правительства от 13 августа 2015 г. № 1558-р [2] основной целью деятельности Всероссийского научно-исследовательского института им. Н.М. Федоровского после его преобразования в федеральное государственное бюджетное учреждение (ФГБУ «ВИМС») определено информационно-аналитическое и опытно-методическое обеспечение геологического изучения недр и воспроизводства МСБ, в том числе для проведения государственного мониторинга состояния недр.

Перечисленные в этом кратком обзоре многочисленные проблемы применения прогнозно-поисковых комплексов для основных видов твердых полезных ископаемых в современных условиях, включая: комплексы геофизических, геохимических, минералогических, аналитических, технологических методов; технологии, используемые при поиске и оценке твердых полезных ископаемых; технологии разведки и оценки месторождений, подсчета запасов, геолого-экономической оценки, моделирования месторождений ТПИ; обогащения и передела твердых полезных ископаемых; добычи твердых полезных ископаемых; компьютерных технологий; программного и информационного обес-

печения воспроизводства минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых — в первом приближении отвечают задаче, поставленной Правительством.

Первый опыт проведения многопланового мониторинга отечественной и мировой минерально-сырьевой базы показал острую необходимость продолжения работ в этом направлении, которая становится особенно актуальной в современных непростых экономических условиях с учетом санкционной политики, проводимой по отношению к России.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Козловский, Е.А. Системный кризис исследований недр и обеспечения минерально-сырьевой безопасности страны / Е.А. Козловский // Промышленные ведомости. — 2016. — № 1–2.
2. Распоряжение правительства Российской Федерации от 13.08.2015 г. № 1558-р.
3. Стратегия развития геологической отрасли до 2030 года. Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 1039-р. — М.: МПР, 2010.

© Коллектив авторов, 2016

Герасимов Николай Николаевич // gernika56@gmail.com

Печенкин Игорь Гертрудович // pechenkin@vims-geo.ru

Матвеева Елена Вениаминовна // nelmb@mail.ru

Антоненко Людмила Александровна // antonenkol@yandex.ru

Ершова Елена Викторовна // vims-ershova@mail.ru

Егорова Ирина Валентиновна // egorova@vims-geo.ru

Луговская Ирина Германовна // lig\_vims@mail.ru

УДК.553.04(470)

**Мигута А.К., Щеточкин В.Н. (ФГБУ «ВИМС»)**

### **ПРОГНОЗНЫЕ РЕСУРСЫ УРАНА РОССИИ**

*Рассмотрена история создания и поэтапная динамика развития базы прогнозных ресурсов урана России за период 1998–2015 гг. Показано, что главная роль в пространственном размещении прогнозных ресурсов принадлежит восточной части страны — Восточной Сибири и Дальнему Востоку, где сконцентрировано порядка 88 % ресурсов категорий  $P_3$  и  $P_2$  и более 70 % категории  $P_1$ . Приведен анализ распределения учтенных прогнозных ресурсов по ожидаемым геолого-промышленным типам урановых месторождений. Обращается внимание на недостаточную реализацию прогнозных ресурсов урана и необходимость их значительного прироста в следующие 15 лет для обеспечения воспроизводства погашаемых к 2030 г. запасов.*  
**Ключевые слова:** уран, прогнозные ресурсы урана, категории ресурсов, типы урановых месторождений, воспроизводство запасов урана.

Miguta A.K., Shchetochkin V.N. (VIMS)

### **INFERRED RESOURCES OF URANIUM OF RUSSIA**

*There is the history of establishment and incremental development dynamics inferred resources base of uranium of Russia for the period 1998–2015. it is shown that the main role in spatial distribution of inferred resources belongs to the Eastern part of the country — Eastern Siberia and the Far East, where about 88 % of the resources of categories  $P_2$  and  $P_3$  and more than 70 % of  $P_1$ . The analysis considered the distribution of inferred resources based on the expected geological-industrial types of uranium deposits. The attention was drawn to the insufficient*

*implementation of inferred resources of uranium and the need for significant growth in the next 15 years to ensure the reproduction of redeemable 2030 inventory. Keywords: uranium, uranium inferred resources, categories of resources, types of uranium deposits, the production of uranium reserves.*

До конца 1990-х годов системного подсчета прогнозных ресурсов урана, которыми располагала Россия, не производилось. Все работы, посвященные прогнозным ресурсам, имели методический характер и не давали оценок конкретных объектов. В фондовой литературе такие оценки приводились, но только для месторождений и без разделения прогнозных ресурсов на категории по степени достоверности.

В 1983 г. ВИМСом было подготовлено «Временное руководство по оценке прогнозных ресурсов урана» [1], но оно не нашло широкого практического применения. С целью повышения эффективности работ в отрасли НТС Мингео СССР приняло решение о создании серии методических руководств по оценке прогнозных ресурсов при металлогенических, геолого-съёмочных и геологоразведочных работах на основные группы твердых полезных ископаемых. Соответствующие выпуски методических руководств были подготовлены профильными НИИ в 1986 г. и затем в обновленной версии в 1989 г. [2], которая использовалась при последующих переоценках.

Позднее, в 2004 г., ВИМСом совместно с ВСЕГЕИ было разработано «Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов урана» [3], создание которого потребовало решения целого ряда вопросов, связанных со спецификой уранового сырья: определения иерархии объектов прогнозирования, обоснования категоричности ресурсов в зависимости от геолого-промышленных типов ожидаемых месторождений, методов апробации и учета ресурсов и др.

В 2010 г. в ЦНИГРИ были изданы Рекомендации межинститутской рабочей группы Роснедр «Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» [4]. Основные положения Рекомендаций рассматриваются на примерах прогноза коренных и россыпных месторождений золота и алмазов, а также углей, однако в них есть много полезного и для урана, в частности уточнение базовых понятий и терминов, принципов количественной оценки прогнозных ресурсов разных категорий, укрупненных геолого-экономических расчетов по объектам, данные, необходимые для паспортизации объектов с прогнозными ресурсами разных категорий.

И Методическое руководство 2004 г., и Рекомендации 2010 г. не были утверждены вышестоящими организациями, но они постоянно используются в практической работе.

#### **Создание ресурсной базы урана и динамика ее роста**

Первый подсчет прогнозных ресурсов урана России был сделан в 1998 г. Концерн «Геологоразведка», осуществлявший в стране все геологоразведочные работы на уран, пред-

ложил подведомственным ему производственно-геологическим объединениям провести категоричную оценку прогнозных ресурсов урана перспективных площадей, выделяемых на территориях их деятельности. Полученные таким образом экспертные данные были рассмотрены и скорректированы компетентной комиссией, состоящей из ведущих специалистов отрасли. Кадастр, составленный на этой основе, содержал 24 объекта (прогнозных площадей), расположенных в 13 субъектах РФ (республиках, краях, областях), с общими прогнозными ресурсами урана 600 тыс. т, в том числе  $P_1$  — 56 тыс. т,  $P_2$  — 279 тыс. т,  $P_3$  — 265 тыс. т. Распределение этих прогнозных ресурсов по федеральным округам показано на рис. 2, из которого следует, что в 1998 г. основная доля прогнозных ресурсов урана приходилась на Сибирский и Уральский ФО. Только в этих округах выделялись объекты с ресурсами категории  $P_1$ .

Прогнозные ресурсы урана на 1998 г. были утверждены Мингео РФ. Последующие пересмотры их состояния намечалось проводить с периодичностью в пять лет. Такие пересмотры отражали результаты проведенных в отчетном цикле геологоразведочных работ: уточнялся прирост прогнозных ресурсов на объектах, перевод ресурсов в другие категории, в Кадастр вводились новые перспективные площади с обоснованными ресурсами. Помимо прироста ресурсов учитывалась и их убыль, обусловленная двумя основными причинами — неподтверждением прогнозных оценок геологоразведочными работами и переводом ресурсов категории  $P_1$  в запасы категории  $C_2$ . Иногда в процессе переоценки оказывалось целесообразным разделять крупные площади на 2–3 объекта более высокого иерархического ранга, или, наоборот, объединять мелкие объекты в один более низкого ранга. Общая динамика роста прогнозных ресурсов урана России по категориям  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  показана на рис. 1.

Результаты прогнозно-поисковых и поисково-оценочных работ на уран, проводившихся в 1998–2002 гг., позволили уточнить прежние оценки ресурсов категорий  $P_1$  и  $P_2$ , а также выделить ряд новых перспективных площадей с ресурсами категории  $P_3$ . Общая сумма прогнозных ресурсов урана на 01.01.2003 г. составила 820 тыс. т, в том числе  $P_1$  — 49 тыс. т,  $P_2$  — 220 тыс. т,  $P_3$  — 551 тыс. т. Эти ресурсы были локализованы на 32 объектах, расположенных в 14 субъектах федерации.

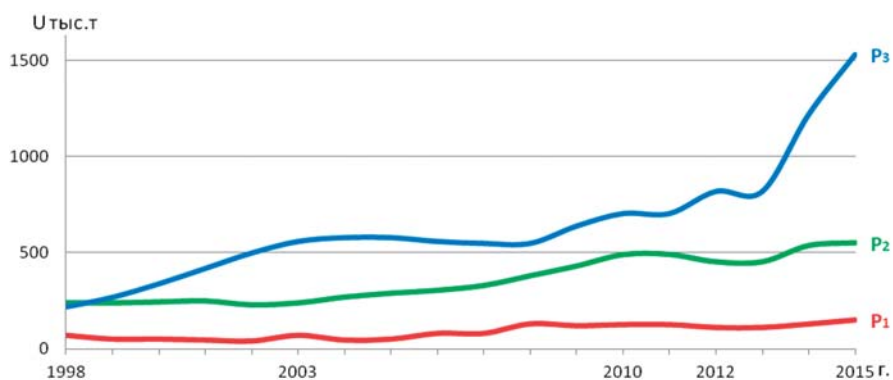


Рис. 1. Динамика роста и состояние прогнозных ресурсов урана России с 1998 по 2015 г.

Некоторое сокращение в этот период прогнозных ресурсов категории  $P_1$  обусловлено снятием ресурсов, числившихся по Ничатской площади в Иркутской области и признанных необоснованными. По категории  $P_2$  была снижена оценка ресурсов Салминской площади в Карелии, а по Свирско-Оятьской площади в Ленинградской области ресурсы  $P_2$  переведены в категорию  $P_3$  по фактическому состоянию изученности.

Следующий пересмотр состояния прогнозных ресурсов урана был произведен 01.01.2010 г. В Кадастре прогнозных ресурсов на эту дату учтено 39 объектов. Геологоразведочные работы в 2003–2009 гг. велись на 30 площадях во всех федеральных округах за исключением Приволжского. Был получен прирост ресурсов урана всех категорий, в результате чего общее их количество составило 1313,7 тыс. т, в том числе  $P_1$  — 107,7 тыс. т,  $P_2$  — 471 тыс. т,  $P_3$  — 735 тыс. т. Прогнозные ресурсы учтены в 17 субъектах федерации.

Основная доля прироста прогнозных ресурсов урана за этот период приходится на Сибирский ФО, прежде всего, за счет поисково-оценочных работ в Республике Бурятия, Красноярском крае и Иркутской области. По Северо-Западному, Центральному, Южному и Уральскому округам на ряде объектов в результате проведенных работ был осуществлен перевод прогнозных ресурсов категории  $P_3$  в категорию  $P_2$ . В то же время на некоторых площадях, главным образом в Северо-Западном и Уральском округах, учтенные ранее прогнозные ресурсы подтверждены не были.

В Сибирском ФО неподтверждения ранее выполненных оценок не произошло. Здесь, на Хиагдинском рудном поле в Бурятии 16 тыс. т прогнозных ресурсов урана категории  $P_1$  было реализовано в запасы категории  $C_2$ , в Южно-Витимском районе 20 тыс. т ресурсов категории  $P_2$  переведены в категорию  $P_1$ , на перспективных площадях в Красноярском крае 30 тыс. т ресурсов категории  $P_3$  — в категорию  $P_2$ . В целом с 2003 по 2009 г. ресурсы урана России выросли по категории  $P_1$  в 2,2 раза, по категории  $P_2$  — в 2,1 раза, по категории  $P_3$  — в 1,3 раза.

В дальнейшем с 2010 г. анализ состояния прогнозной базы урана России проводился ежегодно по результатам завершенных заданий на геологоразведочные работы. Происходил рост прогнозных ресурсов всех категорий, что частично связано с увеличением числа объектов с учтенными на 01.10.2015 г. ресурсами до 49. Однако ресурсы, как это следует из рис. 1, росли в разной степени: по категории  $P_1$  они выросли на 21 %, по категории  $P_2$  — на 17 %, а по категории  $P_3$  — на 110 %. Такой резкий рост ресурсов категории  $P_3$  обусловлен следующими обстоятельствами.

В 2013 г. ВИМСом совместно с БФ «Сосновгеология» было завершено крупное задание выделения первоочередных площадей и структур под поиски скрытых ме-

сторождений урана в Урулунгуевском районе Забайкальской урановорудной провинции с оценкой их прогнозных ресурсов. На основе проведенных работ на этой крупной территории было выделено пять объектов ранга рудного узла, потенциально перспективных на выявление скрытых жильно-штоковерковых месторождений урана в вулcano-тектонических структурах. Их общие ресурсы оценены по категории  $P_3$  в 400 тыс. т урана.

В 2015 г. в связи с усилением работ на Дальнем Востоке было выполнено обобщение ранее проведенных в регионе исследований, и на этой основе в качестве перспективных выделены Каменушинский рудный узел в Хабаровском крае и Нижне-Бурейский рудный район в Амурской области. Прогнозные ресурсы урана категории  $P_3$  этих объектов были оценены в 160 и 90 тыс. т соответственно. Кроме того, также на основании обобщения ранее выполненных геологоразведочных работ, в Забайкалье выделен перспективный Тарбайджельский рудный узел с прогнозными ресурсами урана категории  $P_3$  — 80 тыс. т. Эти четыре объекта и определили столь значительный прирост урана категории  $P_3$  за последние годы.

Таким образом, на 01.10.2015 г. общие прогнозные ресурсы урана России составляют 2264,1 тыс. т, в том числе  $P_1$  — 149,8 тыс. т,  $P_2$  — 564,3 тыс. т,  $P_3$  — 1550 тыс. т. Эти ресурсы, расположенные в 20 субъектах федерации, сконцентрированы на 49 объектах разного ранга. Из них наибольшее число — 31 объект находится в Сибирском ФО, 6 объектов — в Дальневосточном ФО, по четыре — в Уральском и Северо-Западном и по два — в Центральном и Южном округах.

На диаграммах рис. 2 показано, как менялось по федеральным округам распределение прогнозных ресурсов урана на территории страны с 1998 по 2015 г.

Следует отметить некоторую неопределенность в оценке ресурсов категории  $P_3$ . Дело в том, что сейчас существуют как бы две системы их учета. Данные по этой категории, приведенные выше, получены производственными организациями по конкретным объектам рангов рудный район — рудный узел — рудное поле, прошли экспертизу и апробацию в профилирующем институте — ВИМСе. С другой стороны, в середине 2000-х годов во ВСЕГЕИ была выполнена тематическая работа, посвященная количественной оценке прогноз-

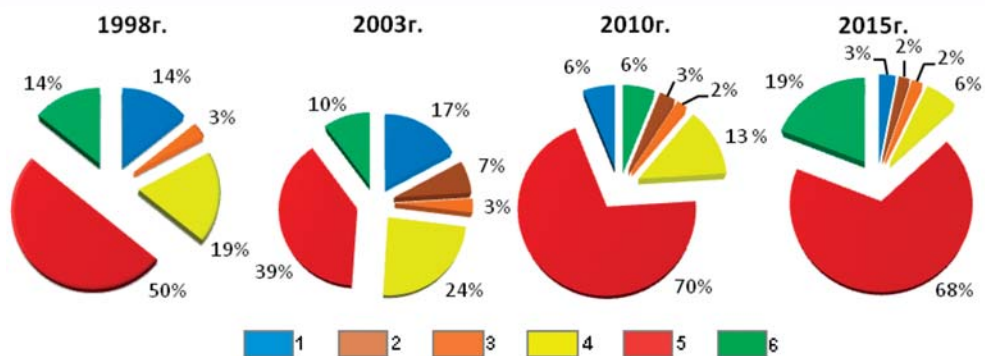


Рис. 2. Распределение прогнозных ресурсов урана по федеральным округам России в период 1998–2015 гг.: 1 — Северо-Западный ФО; 2 — Центральный ФО; 3 — Южный ФО; 4 — Уральский ФО; 5 — Сибирский ФО; 6 — Дальневосточный ФО

ных ресурсов категории  $P_3$  твердых полезных ископаемых по результатам региональных исследований. Эта работа действительно имела региональный характер: по урану было выделено 75 крупных территорий площадью от тысяч до многих десятков тысяч кв. км, суммарные ресурсы которых по категории  $P_3$  оценивались почти в 3 млн. т. Однако нам представляется, что с учетом регионального характера проводившегося исследования приведенные в нем цифровые данные по прогнозным ресурсам категории  $P_3$  в значительной своей части характеризуют лишь минерагенический потенциал оцениваемых территорий.

#### **Прогнозируемые геолого-промышленные типы месторождений**

При оценке прогнозных ресурсов того или иного объекта всегда определяется ожидаемый геолого-промышленный тип оруденения. В России известны и могут быть перспективны для поисков месторождения урана, принадлежащие к двум классам — эндогенному гидротермальному с жильно-штокверковой морфологией рудных тел и экзогенному с пластово-линзовидным строением урановорудных залежей.

Среди эндогенных объектов можно выделить три основных геолого-промышленных типа урановых месторождений, различающихся по геолого-структурной позиции и часто по составу гидротермалитов и руд: жильно-штокверковый в вулканотектонических структурах (ВТС), жильно-штокверковый в зонах структурно-стратиграфических несогласий (ССН) и условно выделенный жильно-штокверковый в иных геологических обстановках, в том числе в связи с гранит-плутоническими структурами (далее в тексте «жильно-штокверковый»). К числу перспективных экзогенных объектов принадлежат гидрогенные месторождения песчаникового типа и комплексные уран-фосфор-редкоземельные месторождения осадочного генезиса.

*Молибден-урановые жильно-штокверковые месторождения в вулканотектонических структурах* известны в России (Стрельцовский рудный район в Вост. Забайкалье, месторождение Ласточка на Дальнем Востоке и др.), Казахстане (месторождения Курдай, Ботабурум, Кызылсай, Балкашинское), странах Средней Азии (месторождения Алатаньга, Каттасай и др.). Урановорудные объекты располагаются преимущественно в пределах вулканических депрессий с телескопированным проявлением многостадийного и полифазического вулканизма, в крутопадающих жерлах палеовулканов, в экстрезивах и субвулканических интрузивах.

Поиски месторождений в вулканотектонических структурах целесообразны на 7 объектах, расположенных в областях мезозойской тектономагматической активизации в Забайкалье и на Дальнем Востоке. В их числе Тарбальджейский, Акуинский, Каменушинский рудные узлы, Урулюнгуевский рудный район и др. В общих прогнозных ресурсах урана России суммарные ресурсы таких объектов по категориям составляют:  $P_1$  — 1,  $P_2$  — 12,  $P_3$  — 45 %.

*Урановые жильно-штокверковые месторождения в структурно-стратиграфических несогласиях* известны в Канаде (район Атабаска) и Сев. Австралии (район Аллигейтор-Риверс). По масштабам основные месторо-

ждения крупные, с запасами урана до 100–150 тыс. т, а по качеству руд — от рядовых до уникальных. Главной геологической особенностью месторождений является их локализация в зоне региональных несогласий между архей-протерозойским кристаллическим фундаментом и рифейским протоплатформенным чехлом. В России имеется много районов с геологическими обстановками, близкими к районам Атабаска и Аллигейтор-Риверс, но к настоящему времени выявлено только три небольших месторождения, которые можно отнести к этому типу — Карку в Сев. Приладожье на Балтийском щите, а также Столбовое и Ансах в Присаянье.

Выявление месторождений типа «несогласий» может ожидать на 13 площадях с прогнозными ресурсами в южном обрамлении Сибирской платформы в пределах Алтае-Саянской и Байкало-Витимской минерагенических провинций, на Алданском щите в Учуро-Улканском рудном районе и Балтийском щите на территории Карело-Кольской минерагенической провинции. Доля этих объектов в общих ресурсах по категориям составляет:  $P_1$  — 19,  $P_2$  — 27,  $P_3$  — 31 %.

*Урановый жильно-штокверковый тип* объединяет многочисленные жильные, жильно-штокверковые, иногда субпластовые урановые, золото-урановые, сульфидно-урановые, фосфор-урановые месторождения, располагающиеся обычно в пределах щитов и срединных массивов и локализованные в образованиях кристаллического фундамента, рифтогенных впадин и наложенных прогибов. Масштабы этих месторождений весьма различны, но в мире к ним принадлежат и очень крупные объекты, такие как месторождения Рудного района в Чешско-Богемском срединном массиве, Грачевского и Косачинского рудных узлов на Кокчетавском срединном массиве и др. В России к данной группе отнесены золото-урановые месторождения Эльконского рудного района в Республике Саха (Якутия), по запасам урана одного из крупнейших в мире, а также по масштабам жильные месторождения бета-уранотитловых руд.

Из 49 учтенных на 01.10.2015 г. поисковых объектов с прогнозными ресурсами на 12 возможно выявление месторождений из группы этого объединенного типа. Большинство из них (Таширское, Норанское рудные поля, Досагуевский, Куладжинский рудные узлы, Жергонский, Ботоготуйский рудные районы и др.) расположено в Восточной Сибири на территории Забайкальского региона. В балансе прогнозных ресурсов России на данный тип приходится: по  $P_1$  — 10 %,  $P_2$  — 29 %,  $P_3$  — 10 %.

*Урановый песчаниковый пласто- и линзообразный тип*, месторождения которого приурочены к мезозойско-кайнозойским базальным и межформационным эрозионным палеодолинам, широко распространен на территории России и стран СНГ. В России к ним относятся месторождения Зауралья — Далматовское, Хохловское, Добровольное, Витимского района — Хиалдинское, Вершинное и др. В учтенных прогнозных ресурсах к этому типу также отнесены небольшие по масштабам приповерхностные концентрации урана в современных отложениях аллювиальных террас, выявленные в ряде районов Бурятии. Объекты песчанико-

вого типа средние и мелкие, с бедными и рядовыми рудами. Важнейшей их особенностью является пригодность большинства месторождений для освоения высокоэффективным способом скважинного подземного выщелачивания или по схеме «карьерная добыча — кучное выщелачивание».

На поиски песчаных месторождений направлено наибольшее число объектов с прогнозными ресурсами — 16. Большинство таких объектов сосредоточено в районах, прилегающих к действующим предприятиям в Забайкалье (Южно-Витимский, Еравнинский, Палеоамалатский, Северо-Амалатский рудные узлы, Хиагдинское рудное поле) и Зауралье (Варгашино-Петуховский, Пышминский, Юконский рудные районы). В общих прогнозных ресурсах России ресурсы песчаных объектов по категориям составляют:  $P_1$  — 50 %,  $P_2$  — 32 %,  $P_3$  — 14 %.

**Уран-фосфор-редкоземельный пластообразный** тип объединяет своеобразные месторождения в костном детрите рыб, известные только в Прикаспии — в Казахстане на полуострове Мангышлак (Меловое, Томакское и др.) и в Ергенинском районе России (Степное, Шаргадыкское, Богородское и др.). Месторождения располагаются в зонах перехода шельфов в глубоководные котловины. Вмещающими породами являются олигоценые сероцветные (до черных) глины с экзотическими скоплениями урансодержащего костного детрита рыб.

Из всех объектов с прогнозными ресурсами только один — Ергенинский в Калмыкии с ресурсами категории  $P_1$  — 29,5 тыс. т (20 % от общих  $P_1$ ) относится к этому типу.

В целом по России количественные соотношения между прогнозными ресурсами, ориентированными на разные типы уранового оруденения, меняются от категории  $P_3$  к категории  $P_1$ , что отражено на рис. 3.

Лишь прогнозные ресурсы объектов типа «несогласий» отражают нормальную закономерность постепенного снижения их количества от низкой к более высоким категориям. Ресурсы объектов жильно-штокверкового типа относятся в основном к категории  $P_2$  и по сравнению с другими типами здесь нет достаточного задела ресурсов категории  $P_3$ , что надо считать недостатком выполнявшихся прогнозно-поисковых работ. С месторождениями в ВТС обратная картина: огромное количество ресурсов категории  $P_3$ , обусловленное, прежде все-

го, анализом и обобщением геолого-геофизических материалов, выполненными в последние годы, и учтен только один объект — Акуинская площадь с мизерными ресурсами категории  $P_1$ .

По песчаниковому типу, напротив, происходит резкий рост ресурсов высоких категорий — они составляют половину всех ресурсов категории  $P_1$ . Такое явление связано с активными оценочными буровыми работами в Витимском урановорудном районе, позволяющими достаточно оперативно переводить прогнозные ресурсы в более высокие категории и в запасы.

#### Пространственное размещение прогнозных ресурсов

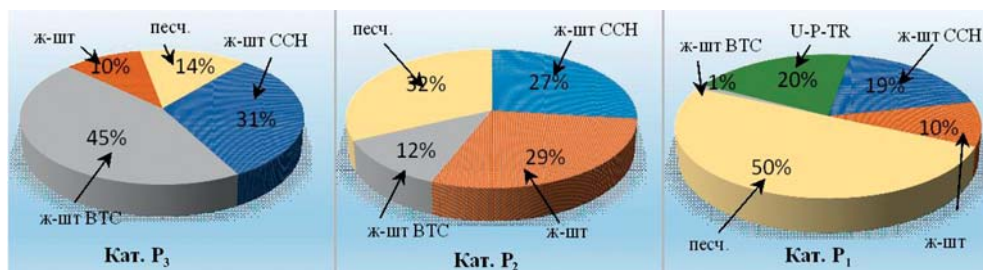
Анализ размещения прогнозных ресурсов урана на территории РФ позволяет выделить ряд регионов концентрации этих ресурсов (рис. 4) и определить объекты каких геолого-промышленных типов можно ожидать в каждом из таких регионов.

В **Балтийском регионе**, охватывающем восточную часть Балтийского щита, прогнозные ресурсы в основном ориентируют на поиски месторождений в зонах древних несогласий — в Приладожье и северной части Кольского п-ова. В то же время в Заонежье, в раннепротерозойском Онежском прогибе, выделено Лижмозерско-Повенецкое рудное поле с ресурсами жильно-штокверкового типа в зонах складчато-разрывных дислокаций. С одной из таких зон — Тамбицкой, связана изучавшаяся во второй половине 1980-х годов группа комплексных уран-благороднометалльно-ванадиевых месторождений (Средняя Падма, Царевское и др.).

В **Среднерусском регионе** на Русской платформе, в пределах Воронежского поднятия, еще в 1998 г. были выделены две площади с незначительными прогнозными ресурсами урана: Скопинский рудный узел, где ожидается песчаниковый тип оруденения, и Анновский район, перспективный на выявление руд жильно-штокверкового типа.

**Предкавказский регион** включает все известное в России оруденение уран-фосфор-редкоземельного типа, локализованное в Ергенинском рудном районе. Ергенинский район включает 15 месторождений этого типа, из которых только одно Степное учтено Госблансом запасов урана РФ. Упомянутое выше количество прогнозных ресурсов — 29,5 тыс. т по категории  $P_1$  отнесено только к Шаргадыкско-Троицкому и Богабурьскому рудным полям, доизучавшимся в последние годы с целью определения технологии и геолого-экономических условий отработки

этих сложных по составу руд. По разведке, проводившейся здесь Кольцовской экспедицией 1 ГГРУ с 1956 по 1965 г., суммарные авторские запасы урана в месторождениях района оценивались в 50 000 т. До разработки рентабельной технологии их освоения эти запасы можно квалифицировать как прогнозные ресурсы  $P_1$ . В настоящее время в качестве ресурсов они не учтены.



**Рис. 3.** Распределение прогнозных ресурсов урана по геолого-промышленным типам оруденения на 2015 г. (РФ — 100 %): ж-шт ВТС — молибден-урановый жильно-штокверковый в вулканотектонических структурах; ж-шт ССН — урановый жильно-штокверковый в структурно-стратиграфических несогласиях; ж-шт — урановый жильно-штокверковый в других обстановках; песч. — урановый песчаниковый пласто- и линзообразный; U-P-TR — уран-фосфор-редкоземельный пластообразный

**Южно-Уральский регион** охватывает Башкирское поднятие, занимающее промежуточное положение между складчатым Уралом и Русской платформой. В северо-восточной части поднятия известны мелкие жильно-штокверковые урановые месторождения Весеннее и Магнитный Ключ, а также ряд рудопоявлений урана. Другие типы урановых руд здесь не установлены.

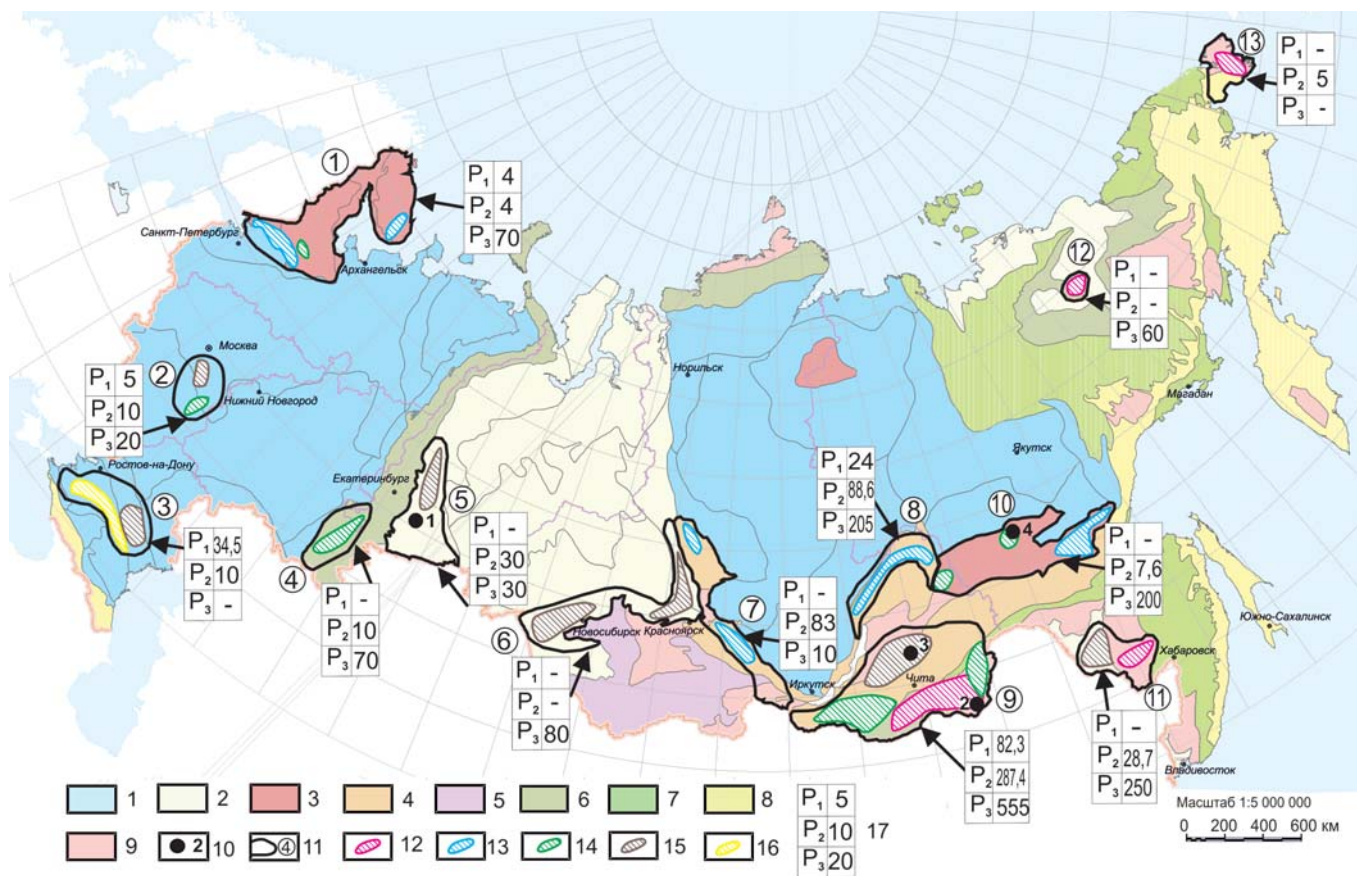
**Зауральский регион** является продолжением на север одноименного осваиваемого промышленностью района с Далматовским, Хохловским и Добровольным месторождениями, где урановое оруденение песчаникового типа располагается в протяженных палеодолинах, выполненных песчано-гравийными и глинисто-алевритовыми образованиями поздней юры — раннего мела. Выявление такого же оруденения ожидается здесь и на площадях с апробированными прогнозными ресурсами.

Оруденение аналогичного типа возможно и в **Западно-Сибирском регионе**, расположенном в крайней юго-восточной части Западно-Сибирской плиты. Прогнозные ресурсы урана здесь обоснованы в трех перспективных районах: Марининском, Барнаульском и Абалаковском.

**Саяно-Енисейский регион** включает территории с прогнозными ресурсами урана в юго-западном обрамлении плиты древней Сибирской платформы — Енисейский кряж с Вороговским рудным районом, Присянье с Манским рудным районом и Шангулежским рудным узлом.

Наибольший интерес здесь вызывает Шангулежская площадь, где близ месторождения Столбового, относимого к типу «несогласий», работами 2013–2015 гг. была выявлена крупная рудоносная Лосюковская структура. Она состоит из нескольких субпараллельных, кулисообразно расположенных урановорудных зон, пространственно сближенных со Столбовым месторождением и сходных с ним по характеру оруденения. Все прогнозные ресурсы Саяно-Енисейского региона относятся к урановому жильно-штокверковому типу в структурно-стратиграфических несогласиях.

**Северо-Прибайкальский регион** практически представляет собой продолжение к востоку Саяно-Енисейского региона и охватывает юго-западное обрамление Сибирской плиты вплоть до Алданского щита, включая Тонодский рудный район, Окунайский, Черепанихов-



**Рис. 4.** Схема размещения на территории России прогнозных ресурсов урана с их дифференциацией по категориям достоверности и ожидаемым типам оруденения (на 01.10.2015 г.). Чехлы платформ: 1 — древних, 2 — молодых; 3 — кристаллические щиты; складчатые системы: 4 — байкальская, 5 — каледонская, 6 — герцинская, 7 — киммерийско-ларамийская, 8 — альпийская; 9 — срединные массивы; 10 — осваиваемые или подготавливаемые к освоению урановорудные районы: 1 — Зауральский, 2 — Стрельцовский, 3 — Витимский, 4 — Эльконский; 11 — регионы с прогнозными ресурсами: 1 — Балтийский, 2 — Среднерусский, 3 — Предкавказский, 4 — Южно-Уральский, 5 — Зауральский, 6 — Западно-Сибирский, 7 — Саяно-Енисейский, 8 — Северо-Прибайкальский, 9 — Забайкальский, 10 — Алданский, 11 — Амуро-Буреинский, 12 — Северо-Колымский, 13 — Восточно-Чукотский; прогнозируемые геолого-промышленные типы месторождений: 12 — молибден-урановый жильно-штокверковый в ВТС, 13 — урановый жильно-штокверковый в ССН, 14 — урановый жильно-штокверковый в других обстановках, 15 — урановый песчаниковый, 16 — уран-фосфор-редкоземельный пластообразный; 17 — учтенные прогнозные ресурсы урана (тыс. т) по регионам

ский, Бульбухтинский и Ничатский рудные узлы. Регион характеризуется развитием разнообразной и разновозрастной урановой минерализации, но, исходя из его геологических особенностей и комплекса благоприятных признаков, апробированные здесь прогнозные ресурсы урана отнесены, как и в Саяно-Енисейском регионе, к типу «несогласий».

*Забайкальский регион* является наиболее значимым по количеству прогнозных ресурсов урана и отличается разнообразием проявленных в его пределах геолого-промышленных типов урановых руд. В регионе функционируют два уранодобывающих предприятия: ПАО «ППГХО», которое отрабатывает месторождения Стрельцовского рудного района, относящиеся к молибден-урановому жильно-штокерковому типу в ВТС, и АО «Хиагда», осваивающее месторождения песчаникового типа в Витимском рудном районе. Объекты с прогнозными ресурсами этих типов достаточно компактно группируются вокруг соответствующих рудных районов. Но в регионе также широко проявлены жильные и жильно-штокерковые довольно разнообразные рудные объекты. Так, в Жергоконском районе известно жильное бета-уранитовое оруденение, связанное с высокорadioактивными гранитами, в Таширском районе распространены сульфидно-настуран-коффинитовые руды, которые локализованы преимущественно в крутопадающих тектонических зонах, расположенных в сложных купольно-очаговых структурах, а в Урлов-Урюмканском районе настурановая минерализация концентрируется в крутопадающих зонах повышенной трещиноватости и дробления, а также в зонах контактов сланцев и гранитов.

В *Алданском регионе* особое внимание привлекает крайняя восточная часть Алданского щита с Учуро-Улканским районом, где геологическая ситуация весьма близка к обстановке локализации урановых месторождений типа «несогласий» впадины Атабаска в Канаде. В начале 2000-х годов здесь планировались значительные объемы поисковых работ на уран, однако по ряду причин они так и не были проведены, и оценка района осталась на уровне ранее апробированных прогнозных ресурсов. Кроме того, учтены прогнозные ресурсы ожидаемого жильно-штокеркового типа уранового оруденения в Торгойском рудном узле на самом западе региона и в Курумканском рудном поле, непосредственно примыкающем к западной границе Эльконского урановорудного района.

*Амуро-Буреинский регион* охватывает южные части Буреинского срединного массива и Амуро-Зейской впадины. В регионе выделяются два района с прогнозными ресурсами урана. В Каменушинском рудном районе, в Каменушинской ВТС кальдерного типа, близ известного месторождения Ласточка с жильно-штокерковыми молибден-урановыми рудами и к югу от него ожидаются аналогичные по типу объекты. В восточном борту Амуро-Зейской впадины, примыкающей с запада к Буреинскому массиву, предполагается выявление оруденения песчаникового типа в мезозойско-кайнозойских палеодолинах.

Еще два региона с учтенными прогнозными ресурсами урана находятся на труднодоступных слабо изучен-

ных территориях. В *Северо-Колымском регионе* на северо-востоке Колымского массива, на Алазейском поднятии, в начале 1970-х годов была установлена группа проявлений с вторичным урановым оруденением в мезозойских вулканитах. В 2013–2015 гг. эти проявления исследовались партией ОАО «Янгеологии» и ВИМСом, что и дало основания оценить прогнозные ресурсы урана Алазейского района. В *Восточно-Чукотском регионе*, в пределах Провиденского блока, в Чаплинском вулкано-тектоническом грабене еще в начале 1950-х годов в мезозойских вулканитах было выявлено мелкое месторождение Киф с вторичной урановой минерализацией. В 2007–2009 гг. ОАО «Сосновгео» вело работы в этом районе и обосновало здесь незначительное количество прогнозных ресурсов категории  $P_2$ .

#### **Заключение**

Приведенные данные показывают, что главная роль в прогнозной сырьевой базе урана России принадлежит восточной части страны — Сибирскому и Дальневосточному ФО. В их пределах сосредоточено более 75 % объектов с прогнозными ресурсами, на долю которых приходится порядка 88 % ресурсов категорий  $P_3$  и  $P_2$  и 71 % категории  $P_1$  от суммарных российских ресурсов урана данных категорий. Это вполне естественно: в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке наиболее широко проявлены геологические обстановки, благоприятные для формирования уранового оруденения, и здесь после распада СССР в основном концентрировались основные объемы геологоразведочных работ на уран.

В то же время на всей европейской части России осталось только 8 объектов с прогнозными ресурсами урана, причем для большинства из них эти ресурсы были обоснованы еще в 1998–2003 гг. С тех пор никакого движения ресурсов по этим объектам не происходило, поскольку работы на них впоследствии не проводились.

Одной из серьезных проблем является недостаточная реализация прогнозных ресурсов урана. Почти все случаи перевода ресурсов в запасы приходятся на известные рудные поля или месторождения. Обоснование и локализация прогнозных ресурсов нацелены, прежде всего, на выявление новых рудных узлов, полей, масштабных месторождений с рудами высокого качества или пригодных для высокорентабельной отработки. Однако за весь анализируемый период подобные объекты на площадях с учтенными прогнозными ресурсами пока обнаружены не были. Исключение составляют лишь Шангулежский район в Присяянье и Витимский, Еравненский, Таширский районы в Забайкалье, где на отдельных площадях и участках обоснованы ресурсы  $P_2$  и  $P_1$ , позволяющие рассчитывать на выявление рудных объектов, представляющих интерес для промышленности.

Недостаточная реализация прогнозных ресурсов обусловлена разными факторами, в частности, возможным скрытым характером оруденения, отсутствием надежных методов его выявления, низкими объемами оценочного бурения. В связи с этим для ряда тяжелых по природным условиям перспективных районов Сибири и Дальнего Востока все чаще отмечаются случаи невыполнения плановых заданий на прирост прогнозных ресурсов.

Наращивание прогнозных ресурсов является одним из необходимых условий воспроизводства минерально-сырьевой базы урана в нашей стране. С учетом растущих потребностей в ядерном сырье до 2030 г. планируется получить прирост ресурсов категорий  $P_1 + P_2$  около 400 тыс. т, категории  $P_3$  порядка 800 тыс. т. Такой прирост необходим, поскольку по расчетам к 2030 г. только на объектах трех основных рудных районов — Стрельцовского, Витимского и Зауральского, будет погашено более 90 тыс. т запасов урана категории  $C_1$ . Планируемый прирост прогнозных ресурсов высоких категорий должен обеспечить воспроизводство погашаемых запасов с определенным заделом на будущее.

В заключение следует отметить, что охарактеризованные прогнозными ресурсами урана России ( $P_3, P_2, P_1$ ) в количественном и качественном отношении не в полной мере обеспечивают надежную основу для долгосрочного эффективного развития поисковых и разведочных работ. В связи с этим, очевидно, необходимо активизировать проведение геолого-минералогического картирования масштаба 1 : 200 000 и крупнее, нацеленного на выделение поисковых площадей и оценку прогнозных ресурсов ( $P_3, P_2$ ) новых рудных районов, узлов и полей с предполагаемыми месторождениями разных, в том числе, урановорудных формаций.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Временное руководство по оценке природных ресурсов урана.* — М.: ВИМС, 1983.
2. *Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых.* — ВИЭМС, ВИМС, ВНИИгеолнеруд, ВСЕГЕИ, ИМГРЭ, ЦНИГРИ. Вып. I–XV, 1986. Вып. I–V, 1989.
3. *Методические основы оценки прогнозных ресурсов и запасов урана.* — М.: ВИМС, 2004.
4. *Принципы, методы и порядок оценки прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых /* Под ред. А.И. Кривцова. — М.: ЦНИГРИ, 2010.

© Мигута А.К., Щеточкин В.Н., 2016

Мигута Анатолий Константинович // vims@df.ru  
Щеточкин Валерий Николаевич // vims@df.ru

УДК 550.311:551.24(470.21)

Филатова В.Т. (Геологический институт КНЦ РАН)

#### НОВЫЕ ДАННЫЕ О ГЛУБИННОМ СТРОЕНИИ ЦАГИНСКОГО ГАББРО-ЛАБРАДОРИТОВОГО МАССИВА (КОЛЬСКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

*Выполненная интерпретация гравитационного поля с привлечением результатов сейсморазведки позволила оценить глубину залегания нижней границы Цагинского габбро-лабрадоритового массива, несущего титаномагнетитовое оруденение с попутным ванадием, а также охарактеризовать дифференцированность его внутреннего строения. Показано, что массив выглядит как пластиноподобное тело при мощности 3.5 км и при его продолжении на север и восток за пределы границы, устанавливаемой на эрозионной поверхности. На глубинах 0.1–0.4 км от поверхности выявлены тела с аномальной плотностью, которая указывает на присутствие существенных объемов титаномагнетитовых руд. **Ключевые слова:** Балтийский щит, неогаргей, габбро-лабрадориты, титаномагнетитовое оруденение, глубинное строение, численное моделирование.*

Filatova V.T. (Geological Institute KNC RAN)

#### THE NEW INFORMATION ON THE DEEP STRUCTURE OF THE TSAKINSKOGO GABBRO-LABRADORITE MASSIF (KOLA PENINSULA)

*There was performed interpretation of the gravitational field with the involvement of seismic results allowed us to estimate the depth of the lower boundary Tsaginskogo array bearing titaniferous magnetite mineralization with associated vanadium, and it gave characterize the differentiation of its internal structure. These was presented by the array looks like a plate-like body with a power of 3.5 km and its extension to the north and east beyond the boundaries set by the erosion on the surface. At depths of 0.1–0.4 km from the surface of the body have been identified with abnormal density, which indicates the presence of significant amounts of titanium magnetite ores. **Keywords:** Baltic Shield, Neoproterozoic, gabbro-labradorite, titanomagnetite mineralization, deep structure, numerical modeling.*

Кольский п-ов, сложенный преимущественно докембрийскими породами, представляет собой область широкого развития основного и ультраосновного магматизма. Среди докембрийских базитов и гипербазитов региона особый интерес представляют габбро-лабрадориты, несущие магматическое окисное железо-титановое оруденение. Цагинский массив находится в ряду типичных рудоносных массивов габбро-лабрадоритовой формации. Массив вмещает комплексные железотитанованадиевые руды, является самым обширным по площади в пределах региона и наиболее изученным геолого-геофизическими методами. Ранее при поисках богатых руд в районе исследований работы проводились фрагментарно. Внимание преимущественно уделялось изучению близповерхностных магнитных даек, которые имеют незначительное распространение. В силу этого не было получено полного знания о структуре массива, и в итоге постоянно возникали противоречивые мнения о его глубинном строении и рудоносности. Для района Цагинского габбро-лабрадоритового массива впервые была осуществлена интерпретация гравитационного поля в трехмерном варианте с использованием сейсмических данных в целях изучения его глубинного строения. Построенная объемная модель Цаги позволила выделить в пределах массива тела с аномальной плотностью, которые можно объяснить присутствием пород с богатым титаномагнетитовым оруденением. В статье впервые представлены количественные оценки глубины залегания подошвы массива и масштабы его простирания, полученные на базе комплексных геолого-геофизических исследований с использованием математического моделирования.

#### Геологические особенности и изученность района исследований

Интрузивы габброидов Кольского п-ова, несущие титаномагнетитовое оруденение, размещены преимущественно в краевых частях подвижных зон [2]. Наиболее типичными рудоносными массивами данной формации являются интрузивы Кейвского региона, наиболее крупным из которых является Цагинский массив (рис. 1). Цагинский массив, представленный титаномагнетитовыми рудами с попутным ванадием, на протяжении многих лет привлекает внимание исследователей.