

НАЧАЛО ПУТИ

К 70-летию создания отечественной урановой геологической службы

Рассмотрены основные события раннего этапа изучения радиоактивности в царской России до старта Атомного проекта СССР. Указаны источники получения урана и радия. Подчеркнута роль Академии наук и Геологического комитета в создании радиевой промышленности и минерально-сырьевой базы радиоактивного сырья нашей страны.

Ключевые слова: *месторождения, радиоактивность, радий, уран.*

YU. B. MIRONOV (VSEGEI)

THE BEGINNING OF THE PATH

On the 70th anniversary of the creation of the domestic uranium geological survey

The given article deals with the main events of the early stage of the study of radioactivity in Tsarist Russia and the Soviet Union before the start of the Atomic Project. The sources of uranium and radium are shown. The role of the Academy of Sciences and the Geological Committee is emphasized at the beginning in the creation of radium industry and mineral resources base of the radioactive materials in our country.

Keywords: *deposits, radioactivity, radium, uranium.*

Уран – наиболее распространенный химический элемент, радиоактивные свойства которого нашли широкое применение. Открыл его в 1789 г. немецкий физик М. Клапрот в урановой смолке Рудных гор (Чехия) и назвал в честь планеты Уран. В 1841 г. французский химик Э. Пелиго впервые получил металлический уран. Явление радиоактивности обнаружено в Баварии в 1896 г. французским физиком А. Беккерелем после открытия В. Рентгеном «невидимых глазу икс-лучей». В 1938 г. немецкие ученые О. Ган и Ф. Штрассман установили эффект цепной реакции деления ядер урана, сопровождающейся громадным выделением тепла [1, 7, 8]. Человечество приблизилось к открытию нового источника энергии. К сожалению, как часто случается, сначала его использование было направлено в военную область – область создания нового разрушительного оружия. Естественно, процесс разработки оружия на базе расщепляющихся элементов сопровождался с одной стороны завесой секретности, с другой, повышенным интересом к получению урана [2].

Термин «радиоактивность» (от лат. *radio* – испускать лучи и *activus* – деятельный) введен в научное обращение супругами Пьером и Марией Кюри в 1898 г. В 1910 г. французы М. Кюри и А. Дебьерн получили радий в свободном состоянии. Открытие радиоактивности пробудило чрезвычайный интерес ученых, промышленников и широкой общественности. Д. И. Менделеев писал, убежденный в том, «что исследование урана, начиная с его природных

источников, приведет еще ко многим новым открытиям...» [6].

Цены на радий, в 1902 г. возросшие с 5 тыс. золотых рублей за 1 г до 10 000 и продолжавшие увеличиваться, стимулировали усиленные поиски и добычу урана по всему миру. В 1908 г. начали получать окисные урановые руды из месторождений Португалии и отбирать урансодержащие минералы из пегматитовых жил Южной Австралии. В 1909 г. для получения радия стали использовать уран-медные жилы Корнуолла (Великобритания). В 1910 г. в число источников урановых руд вошло месторождение Маунт-Пейнтер (Австралия). Кроме того, радий начали извлекать из колма Швеции и пегматитов Норвегии. Мировое производство радия составило 1,3 г, было добыто 3–4 т урана [4, 6].

В 1914 г. первое место по производству радия из карнититовых руд штатов Колорадо и Юта заняли США. В 1915 г. были открыты крупные месторождения урановых руд в провинции Шинколовбе (Конго). Их промышленная эксплуатация началась в 1920 г. Руда содержала около 3 % U_3O_8 и его 50%-ный концентрат. За время эксплуатации месторождений провинции Шинколовбе с 1921 по 1939 г. извлечено до 500 г радия. В 1923 г. завод в селении Оолен (провинция Антроповец, Бельгия), работавший на этих рудах, выдал 12,5 г радия.

Каждый грамм радия требует переработки около 4 т урановой смолки, содержащей 340 мг радия на

© Ю. Б. Миронов, 2015

1 т урана. Поэтому уже в 1902–1903 гг. в городах Ножан-на-Марне (Франция), Брауншвейг (Германия), Иоахимсталль (Австро-Венгрия) и Лондон (Англия) были построены первые заводы по переработке урановых руд. С 1914 г. центр переработки урановых руд переместился из Австрии в США, а с 1923 г. в Бельгию [6].

В 1930 г. было открыто урановое месторождение на берегу Большого Медвежьего озера в Полярной Канаде. Через два года здесь была построена обогащательная фабрика, в 1933 г. она дала первые 3 г радия. За время эксплуатации месторождения получено 176 г радия [4].

К 1940 г. мировой фонд радия составил 1000 г, было добыто около 4000 т урана (Д. И. Щербаков, 1941). Во всех вместе взятых областях применения урана требовалось этого металла меньше того количества, которое добывалось для извлечения радия. И только в связи с началом использования энергии атома положение в урановорудной промышленности резко изменилось. В связи с неограниченным ростом спроса цены на уран сильно возросли, требования же к качеству руды сильно снизились [9, 10].

К моменту открытия радиоактивности (1896 г.) в нашей стране еще не были известны месторождения радиоактивных руд. Урановая смолка месторождения Яхимов (Рудные горы, Чехия) была почти единственным исходным материалом для получения радия. До этого извлекаемый уран использовался как минеральный краситель при производстве стеклянных и керамических изделий, а также для усиления негативов.

В 1900 г. на заседании Петербургского минералогического общества профессор Технологического института И. А. Антипов сообщил, что в двух кусках минерала кальцита, присланных из предгорий Алайского хребта (Ферганская долина), он обнаружил медный уранит (позднее новый минерал тьюмунит – уранил-ванадат кальция). «До сих пор – писал он, – урановые соединения встречались в России как величайшая редкость» [6]. Научные исследования радиоактивных минералов медь-уран-радиевого Тюя-Муюнского месторождения проводили Х. И. Антунович и К. А. Ненадкевич. За время существования «Ферганского общества добычи редких металлов» на Тюя-Муюнском месторождении было добыто 820 т руды, переработанных в Петербурге на заводе, построенном в 1908 г. Концентраты урана и ванадия экспортировались в Германию.

В 1903 г. началось изучение радиоактивности природных объектов России. Профессор Московского университета А. П. Соколов установил, что углекислый газ минерального источника «Нарзан» радиоактивен, он обнаружил повышенную ионизацию воздуха у пятигорского городского фонтана. Позднее он первый читал курс «Радиоактивность» и проводил практикумы. В 1904 г. профессор Петербургского университета И. И. Бергман занялся измерениями радиоактивности русских целебных грязей. Профессор П. П. Орлов в 1908 г. организовал в Томском университете Радиологическую лабораторию, которая много лет была центром изучения радиоактивных минералов в Сибири [8].

В 1907 г. Академия наук, по представлению А. П. Карпинского, Ф. Н. Чернышева и В. И. Вернадского, приняла решение приступить к изучению радиоактивных минералов России. В 1910 г. про-

фессор минералогии В. И. Вернадский выступил на заседании Академии наук с докладом «Задачи дня в области радия». Позже Академия наук образовала специальную комиссию, которая должна была заниматься проблемой радиоактивности. Летом 1911 г. начались первые экспедиции на Урал и в Среднюю Азию. К началу 1914 г. в России существовали четыре небольшие радиологические лаборатории, которые занимались измерениями радиоактивности отечественных природных объектов, воздуха, минеральных вод, горных пород, руд и целебных грязей. Это были Томская лаборатория П. П. Орлова, Одесская радиологическая лаборатория (Е. С. Бурксер, 1910), радиологическая лаборатория при Физическом институте Московского университета (А. П. Соколов, 1913) и радиологическое отделение (Л. С. Коловрат-Червинский) Минералогической лаборатории (В. И. Вернадский) при Геологическом и минералогическом музее*. В 1916–1917 гг. в Минералогической лаборатории занимались химией и минералогией урана, ниобия, тантала и титана, проводили измерения и анализы отечественных минералов и руд.

12 ноября 1913 г. состоялось торжественное открытие Варшавской радиологической лаборатории** (Польша в то время входила в состав Российской Империи). Предполагалось, что основной задачей лаборатории станет разработка теоретических проблем, но уже в ближайшем будущем она приступит и к практическим работам. Руководила лабораторией М. Кюри, ассистенты Л. Вертянштейн и Я. Доннш [6].

Проблема поисков урановых руд в России обострилась после того, как в 1913 г. правительство Австро-Венгрии наложило запрет на продажу радия в другие страны. Весной 1914 г. на деньги купца П. П. Рябушинского была снаряжена Московская радиевая экспедиция, состоявшая из двух отрядов – Туркестанского (А. А. Чернов) и Забайкальского (М. Н. Соболев). П. П. Рябушинский, в целях сохранения коммерческой тайны, не позволял членам экспедиции передавать сведения о результатах работы даже В. И. Вернадскому.

Проблемы отечественного радия ввиду их важности рассматривались на государственном уровне. После заседания особого совещания законодательное предложение о денежном ассигновании на изучение радиоактивных руд было одобрено Государственной думой и Государственным Советом России. 29 июня 1914 г. был утверждён закон о выдаче Академии наук на три года (1914–1916) средств Государственного казначейства на снаряжение экспедиций для изучения в России месторождений радиоактивных минералов и на лабораторные исследования добытого материала [6].

Летом 1914 г. на государственные средства была организована экспедиция в Ферганскую область Туркестана под руководством адъюнкт-геолога Геологического комитета Д. И. Мушкетова. В экспедиции принимали участие студенты Горного института Д. В. Наливкин, И. М. Москвин, Е. В. Иванов. Петрографические работы вели профессор В. И. Лучицкий и Б. А. Линдер. Л. С. Коловрат-

* Эта лаборатория дала начало Институту геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского Академии наук СССР и Радиевому институту имени В. Г. Хлопина.

** В настоящее время Онкологический институт имени Марии Склодовской-Кюри.

Червинский в Фергане исследовал радиоактивные источники и атмосферный воздух, а также воздух внутри пещер.

С началом Первой мировой войны изучение отечественных радиоактивных минералов и руд сильно сократилось. В 1915–1916 гг. продолжились экспедиционные исследования радиоактивных руд в Средней Азии, на Урале, в Сибири под руководством В. И. Вернадского, а в 1917 – В. И. Крыжановского и К. К. Матвеева.

Конференция Академии наук 2 февраля 1915 г. приняла решение о создании постоянной Комиссии по изучению естественных производительных сил России (КЕПС). Ее главной задачей было выявление всех природных богатств нашей страны и изыскание возможностей их использования для практических и военных целей. Председателем КЕПС был избран В. И. Вернадский, секретарем А. Е. Ферсман. Одним из важных направлений работ были поиски месторождений радиоактивных руд и их изучение.

Быстрое и успешное восстановление народного хозяйства России в условиях Гражданской войны было невозможно без привлечения специалистов (ученых и инженеров) к сотрудничеству с советской властью. 12 апреля 1918 г. Совнарком постановил финансировать работы по учету и исследованию естественных объектов России [1].

Новый этап в изучении радиоактивных минералов начался с учреждения в 1918 г. при ВСНХ секции радиоактивных веществ и редких металлов. При КЕПС Академии наук была организована Коллегия по редким элементам. В начале 1918 г. в Комиссии Академии наук по изучению естественных производительных сил России был создан Первый отдел, куда передавались все вопросы, относящиеся к редким и радиоактивным элементам. Председатель Первого отдела В. И. Вернадский, его заместитель А. Е. Ферсман, ученый секретарь В. Г. Хлопин. С организацией Первого отдела КЕПС начинается новая страница в исследовании редких и радиоактивных элементов в РСФСР: выяснение их минерально-сырьевых ресурсов, критериев и качества руд, способов обогащения, изучение области применения и т. д.

1 июня 1918 г. при Первом отделе КЕПС образован Технический совет по организации и эксплуатации пробного радиевого завода. 24 сентября в Петрограде состоялось открытие Государственного рентгенологического и радиологического института во главе с профессорами А. Ф. Иоффе и М. И. Неменовым. 28 октября того же года в Москве прошло Всероссийское совещание по радиологии, на котором было принято решение об объединении всех учреждений, занимающихся радиевой проблемой, и создании кафедр радиологии в Москве и Петрограде при университетах [1].

Технической секцией Горного совета ВСНХ совместно с представителями Геолкома разработаны мероприятия по «организации правильной добычи редких металлов». В Петрограде в серии «Естественные производительные силы России» вышли небольшие книги по редким металлам: «Ванадий» (Б. А. Линдер), «Редкие земли и торий» (А. Е. Ферсман, В. С. Сырокомский), «Тантал» (А. Е. Ферсман), «Уран и радий» (Л. С. Коловрат-Червинский), «Цирконий» (В. Г. Хлопин), содержавшие краткие сведения о радиоактивных и редких элементах на территории России.

В 1921 г. Центральное управление промышленных разведок ВСНХ «с целью установления постоянного питания радиевого завода минеральным сырьем» организовало экспедицию на Тюя-Муюн под руководством горного инженера С. П. Александрова. О работе экспедиции он рассказал на состоявшемся 8–15 ноября 1921 г. в Москве Первом Всероссийском съезде по горной промышленности. По его оценке, начальная производительность рудника должна была составить 500 т руды в год, что соответствовало 2 г радия. Первые радиевые препараты получены И. Я. Башиловым из Тюя-Муюнской руды на пробном радиевом заводе в Менделеевске в 1921 г.

Дальнейшая история развития урановой горнодобывающей и радиевой промышленности СССР хорошо известна. В. Г. Хлопин был совершенно прав, утверждая, что с 1918 г. в России наступает период «блестящего расцвета научной мысли в области радиоактивных элементов и явлений радиоактивного распада» (Хлопин, 1918).

12 апреля 1919 г. Академией наук принято решение об организации завода в Березниках для извлечения радия из руд, добытых «Ферганским обществом добычи редких металлов». Радий был объявлен национальным достоянием. Ученые считали, что радиевый завод будет специальным государственным учреждением и образцом для подобных предприятий в новой России. Позднее, в 1923 г., Президиум ВСНХ объявил, что вся территория СССР закрыта для производства отводов для частных первооткрывателей по урановым, ванадиевым и радийсодержащим рудам. Все правительственные распоряжения имели одну цель – устранить возможность передачи радия и его руд в руки частных предпринимателей. Это положение сохраняется и сегодня, обеспечивая монополию государства на месторождения радиоактивных руд и продукты их распада [2, 7, 9].

Первым шагом к образованию центра, объединяющего все работы по радиевой проблеме, стал Радиевый институт. Государственный ученый совет утвердил Положение о Государственном радиевом институте (ГРИ) 23 января 1922 г. Этот день следует считать датой, завершающей многолетние усилия В. И. Вернадского и его ближайших сотрудников А. Е. Ферсмана, В. Г. Хлопина и И. Я. Башилова, направленные на создание Радиевого института Академии наук. Государственный радиевый институт по образованию, организации, составу научных сил, объёму и глубине охвата, по своим усилиям уже тогда несомненно стоял в первом ряду радиологических центров мира. Тюя-Муюнское месторождение радия, урана и ванадия долгое время изучалось и эксплуатировалось по программам, составленным специалистами Радиевого института.

В 1920-х годах были открыты новые месторождения радиоактивных руд в Средней Азии. Осенью 1924 г. геолог А. Н. Заварицкий по поручению Геологического комитета изучал месторождение радиоактивных минералов Каре-Чонгара в Ферганской области, недалеко от рудника Тюя-Муюн. Старший геолог Геологического комитета С. Ф. Машковцев писал об открытии другого месторождения радиевых руд в том же районе, а А. Е. Ферсман сообщал уже о «рудном поле жильных образований». Эти объекты долгое время оставались сырьевой базой радиевой промышленности СССР. Для ее расши-

рения при Геологическом комитете была учреждена Радиологическая секция. Она играла ведущую роль в изучении естественной радиоактивности горных пород, подземных вод и газов в поисковых производственных экспедициях [5].

Другим наиболее важным из известных видов радиевого сырья оказались соленые воды Ухтинского и Новогрозненского месторождений России. Открытие радия в 1927 г. в подземных водах Ухты привлекло внимание В. И. Вернадского, В. Г. Хлопина, Б. А. Никитина. Был открыт еще один вид уран-радиевого сырья. Удалось установить, что терновские и желтянские месторождения железа Украины и железистые кварциты Криворожского бассейна — новые точки естественной радиоактивности на карте полезных ископаемых. Их нельзя отождествлять ни с одним из известных в науке природных источников урана и радия.

После Великой Отечественной войны началась усиленная разработка этих месторождений. Сегодня город Желтые воды — место, где добывается уран [5, 8, 10].

Составление карты радиоактивных минералов, о необходимости которой говорил В. И. Вернадский еще в 1910 г., расширение поисков радиевого сырья, изучение радиоактивности воды, воздуха и других природных объектов требовали создания прибора для быстрого и точного измерения радиоактивности в полевых условиях. Первые приборы были созданы Л. Н. Богоявленским в 1924 г. Они основывались на применении ионизационного гамма-спектрометра. Позднее был разработан эманационный (радоновый) метод. С развитием электротехники для исследования ионизационного излучения были созданы надежные гамма-спектрометры [1]. Изучением радиоактивности горных пород руд способом гамма-спектрометрии в Геологическом комитете занимался специальный отдел, на базе которого позже был организован Всесоюзный институт разведочной геофизики (ВИРГ).

Решение о включении в программу Геолкома планомерных радиометрических исследований было принято в 1922 г. Этому также способствовало создание в России международных эталонов радиоактивности. Эталоны были изготовлены в 1927 г. по заявке «Горнопромышленной компании Верхней Катанги» в Бельгии. Они были снабжены сертификатом Международной комиссии эталонов радия за подписями ее председателя Э. Резерфорда и членов комиссии М. Кюри и С. Мейера [6].

Основные направления использования радия, урана и других полезных ископаемых диктовались развитием науки и потребностями народного хозяйства. В 1935 г. на общем собрании Академии наук В. И. Вернадский сделал доклад «О неотложных очередных проблемах радиологии». Он обратил внимание на то, что «...можно и нужно говорить о новой создающейся науке — радиологии, науке о радиоактивных свойствах нашей планеты и происходящих в ней явлениях. Здесь, вероятно, ключ решения многих основных геологических проблем» (Вернадский, 1935).

Основными задачами нового раздела геологии он считал радиоактивное определение геологического времени, составление радиогеологической карты, изучение роли радиоактивного распада в создании внутренней энергии Земли, исполь-

зование «гелиевого дыхания Земли» как меры ее радиоактивности, изучение геохимии радиоактивных элементов, процессов их распада. Большая часть этих задач сохраняется и сегодня [1].

Ведущий ученый в области урановой геологии того времени Д. И. Щербаков оценивал мировые запасы урана в недрах по состоянию на начало 1945 г. в 12–15 тыс. т: Европа — 1000 т (Рудные горы), Африка — 3000 т (Бельгийское Конго), Северная Америка — 9000 т (Б. Медвежье озеро), в том числе Канада — 6000, США — 3000 т. Запасы СССР на 1944 г. были известны только в Ферганской долине (пять мелких месторождений) и составляли 200 т при низких содержаниях урана. Положение осложнялось тем, что в СССР не было других перспективных районов, где можно было бы быстро развернуть поисковые работы [8].

В 1940 г. в Академии наук по инициативе В. Г. Хлопина была создана Комиссия по проблемам урана. 28 сентября 1942 г. принято распоряжение ГКО СССР «Об организации работ по урану» и 27 ноября того же года «О добыче урана». В начале марта 1943 г. В. И. Вернадский обратился с запиской к президенту Академии наук СССР о необходимости систематических изысканий новых месторождений урановых руд, «которые должны существовать на территории нашего Союза» (Вернадский, 1942). Его поддержал научный руководитель Атомного проекта И. В. Курчатов. Председателем Специального комитета назначен И. И. Малышев, начальником Отдела радиоактивных элементов Ф. М. Малиновский. Однако в условиях продолжающейся войны работы по поискам урановых месторождений развивались медленно. В 1945 г. Правительство принимает решение о создании в системе Комитета по делам геологии Специализированного управления для руководства поисками и разведкой месторождений радиоактивных руд. Новая структура получила название Первое Главное геологическое управление (ПГГУ), или Первый Главк. Уже через три дня после выхода постановления правительства председатель Комитета по делам геологии при Совнарком СССР И. И. Малышев издает свой приказ № 272 от 16 октября 1945 г. «Об организации геолого-разведочных работ на уран». С тех пор эта дата считается Днем образования урановой геологии страны [7].

Сегодня в России известно 218 месторождений урана, разведанные запасы составляют 615 тыс. т. Работает горно-химический комбинат, строятся новые урановые рудники.

История создания минерально-сырьевой базы урана страны до 1994 г. не обсуждалась публично даже специалистами Министерства геологии и Министерства среднего машиностроения (ныне Росатом). В конце XX в. концерном «Геологоразведка» (наследник ПГГУ) был подготовлен и издан ограниченным тиражом шеститомник «История создания минерально-сырьевой базы урана СССР» по основным регионам и республикам, в котором содержались документы, факты, история открытий урановых месторождений, биографии руководителей производственных объединений, партий и экспедиций. Роль и значение отдельных геологических организаций в решении государственных задач по созданию ядерного щита страны отмечены в ряде специальных изданий [2, 3, 5, 7–10].

15–16 октября 2015 г. в г. Иркутск на базе одного из главных предприятий («Сосновгеология») ФГУП «Урангеологоразведка» по решению Федерального агентства по недропользованию России состоялась научно-производственная конференция, посвящённая 70-летию урановой геологии России. К юбилею подготовлено и вышло в свет несколько монографий по актуальным вопросам геологии урановых месторождений, истории их открытия, с воспоминаниями участников создания урановой базы страны. Результаты работ на уран последних 10 лет опубликованы в юбилейном сборнике Научно-координационного совета по урану и редким металлам (КНТС-70), а также в специальном выпуске журнала «Разведка и охрана недр». В докладах Роснедра определены главные направления и первоочередные задачи дальнейшего развития геологоразведочных работ на уран в соответствии с утвержденной Программой изучения и развития минерально-сырьевой базы России.

1. Баранов В.И., Титаева А.А. Радиогеология. — М.: МГУ, 1973. — 243 с.
2. Геологи ВСЕГЕИ в создании урановорудной базы страны / ред. Ю.М. Шувалов, Ю.Б. Миронов, А.М. Карпунин. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2006. — 160 с.
3. Геология — жизнь моя... Сборник воспоминаний / гл. ред. В.П. Орлов. 2011. Вып. № 23. — М.: ООО «Геоинформмарк». — 571 с.
4. Домарев В.С. Геология урановых месторождений капиталистических стран. — М., 1956. — 272 с.
5. Как искали и добывали уран: Сб. статей и воспоминаний ветеранов атомной промышленности / под ред. В.В. Кротова. — М.: ГЕОС, 2002. — 354 с.
6. Погодин С.А., Либман Э.П. Как добыли советский радий. — М.: Атомиздат, 1977. — 247 с.
7. Пятов Е.А. Стране был нужен уран. История геологоразведочных работ на уран в СССР. — М.: ВИМС, 2005. — 246 с.

8. Разведка и охрана недр: Спец. выпуск «Урановой геологии России — 60 лет». 2005. № 10. — 120 с.
9. Урановой геологии ВИМСа — 70 лет / под ред. Г.А. Машковцева. — М.: ВИМС, 2013. — 158 с.
10. Уран России: Сб. докладов науч.-технич. совещания 20–21 ноября 2007 г. — М.: ФГУП ЦНИИатоминформ, 2008. — 354 с.

1. Baranov V.I., Titaeva A.A. Radiogeologiya [Radiogeology]. Moscow: MSU. 1973. 243 p.
2. Geologi VSEGEI v sozdanii uranovorudnoj bazy strany [Geologists of VSEGEI in the creation of uranium ore base of the country]. Ed. by Yu.M. Shuvalov, Yu.B. Mironov, A.M. Karpunin. St. Petersburg: VSEGEI. 2006. 160 p.
3. Geologiya — zhizn' moya... Sbornik vospominanij [Geology is my life ... Collection of memories]. Ed. by V.P. Orlov. Edition No 23. Moscow: ООО «Geoinformmark». 571 p.
4. Domarev V.S. Geologiya uranovykh mestorozhdenij kapitalisticheskikh stran [The geology of uranium deposits in the capitalist countries]. Moscow. 1956. 272 p.
5. Kak iskali i dobyvali uran: Sb. statej i vospominanij veteranov atomnoj promyshlennosti [How to search for and mine uranium. Collection of articles and memories of veterans of the nuclear industry]. Ed. by V.V. Krotov. Moscow: GEOS. 2002. 354 p.
6. Pogodin S.A., Libman E.P. Kak dobyvali sovetskij radij [As the Soviet extracted radium]. Moscow: Atomizdat. 1977. 247 p.
7. Pyatov E.A. Strane byl nuzhen ural. Istoriya geologorazvedochnyh rabot na uran v SSSR [The country needed uranium. History of geological exploration for uranium in the USSR]. Moscow: VIMS. 2005.
8. Razvodka i ohrana nedr. 2005. No 10. 120 p. (In Russian).
9. Uranovoj geologii VIMSa — 70 let [Uranium geology of VIMS is 70th years old]. Ed. by G.A. Mashkovtsev. Moscow: VIMS. 2013. 158 p.
10. Uran Rossii: Sb. dokladov nauch.-teknich. soveshchaniya 20–21 noyavrya 2007 g. [Uranium of Russia: Proceedings of the scientific and technical meeting on November 20–21, 2007]. Moscow: FGUP TSNIIatominform. 2008. 354 p.

Миронов Юрий Борисович — доктор геол.-минер. наук, зав. отделом. Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, 199106, Россия.
<Yuri_Mironov@vsegei.ru>

Yuri B. Mironov — Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Department of uranium geology and radioecology, «A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute» (VSEGEI). 74, Sredny prospect, St. Petersburg, 199106, Russia.
<Yuri_Mironov@vsegei.ru>