

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

ГЕОЛОГИЯ УРАНА В ВИМСЕ — СЛАВНЫЙ ПУТЬ В ТРИ ЧЕТВЕРТИ ВЕКА

*Рассмотрена длительная деятельность коллектива ВИМСа в области геологии урана — от создания в институте в 1943 г. в разгар войны сектора № 6 до настоящего времени. Показана огромная работа по созданию мощной минерально-сырьевой базы урана Советского Союза и России, выполненная геологами и другими специалистами ВИМСа — головного НИИ страны по геологии урана, их участие в открытии и изучении крупнейших урановорудных районов, разработке вопросов уранового рудообразования, методик прогноза, поисков и оценки урановых месторождений. Освещена важная роль работавшего при ВИМСе межведомственного Координационного научно-технического совета по геологии урана (КНТС), диссертационного Ученого Совета по урановой тематике, издательская деятельность института по урану. **Ключевые слова:** уран, ВИМС, минерально-сырьевая база, урановорудные районы, урановое рудообразование, история и этапность исследований, комплексность работ, Координационный совет.*

Mashkovtsev G.A., Miguta A.K., Shchetochkin V.N. (VIMS)
GEOLOGY OF URANIUM IN VIMS — IS THE GLORY WAY IN THREE CENTURIES OF THE CENTURY

*The long-term activity of the of VIMS research group in the field of uranium geology is considered — from 1943, when the Sector No. 6 was established at the height of the war, to the present. The authors show the great work of creation of the powerful uranium mineral resource base of the Soviet Union and Russia, carried out by geologists and other specialists of VIMS — the country's main research institute on the uranium geology, as well as their participation in the discovery and study of the largest uranium ore areas, the development of uranium ore formation issues, methods of forecasting, search and evaluation of uranium deposits. The important role of the interdepartmental Coordination Scientific and Technical Council on Uranium Geology (CNTS), the dissertational Scientific Council, and the VIMS publishing activity on the uranium topics is highlighted. **Keywords:** uranium, VIMS, mineral and raw materials base, uranium ore areas, uranium ore formation, history and phasing of research, complexity of works, Coordination Council.*

Еще в начале прошлого столетия о возможной практической значимости урана ничего не было известно, а весь фонд урановорудных проявлений России составляли пять мелких месторождений в Средней Азии. Однако исследования в области ядерной физики, проводившиеся в 1930-е годы под руководством И.В. Курчатова и А.И. Алиханова, показали, что при делении ядра высвобождается огромная энергия. Был разработан обстоятельный план работ по осуществлению цеп-

ной реакции деления с предложением о создании для этой цели ядерного реактора. В 1940 г. И.В. Курчатова представил Президиуму АН СССР доклад, в котором было рассмотрено военное и хозяйственное значение использования энергии деления урана.

Особую остроту проблема урана приобрела в годы войны в 1942–1943 гг., когда стали известны успехи зарубежных ученых в области физики атомного ядра и получения возможностей реализации проектов использования энергии урана в военных целях. Стало ясно, что для развития работ по атомной проблеме стране надо иметь достаточную собственную минерально-сырьевую базу урана.

Первым важным практическим шагом в решении этой сложнейшей проблемы стало Распоряжение Государственного Комитета Оборона № 3834сс от 30 июля 1943 г. «Об организации геологоразведочных работ, добычи урана и производства урановых солей», подписанное Заместителем председателя Государственного Комитета Оборона В.М. Молотовым. В этом документе, в частности, предписывалось создать при Всесоюзном институте минерального сырья урановый сектор, на который возлагалось обобщение материалов по поискам, разведке и изучению радиоактивного минерального сырья, научно-методическое руководство этими работами и детальное минералогическое и технологическое изучение руд урана и других радиоактивных элементов.

Создание минерально-сырьевой базы урана

В августе 1943 г. для реализации распоряжения Государственного Комитета Оборона в ВИМСе был создан сектор № 6, насчитывавший 15 сотрудников, распределенных между тремя отделами или кабинетами: геолого-минералогическим (рук. С.В. Культиясов), радиометрическим (рук. проф. В.И. Баранов) и технологическим (рук. проф. В.И. Спицин). Начальником сектора стал М.Н. Альтгаузен, а его научным руководителем — академик Д.И. Щербаков — крупный советский ученый, знаток геологии Средней Азии и известных здесь урановых проявлений. Уже в 1944 г. Д.И. Щербаковым была опубликована первая в СССР сводка по месторождениям урана — «Геология месторождений радиоактивных элементов и поисковые критерии», ставшая методической основой подготовки геологов-уранщиков. Тогда же при ВИМСе было создано постоянно действующее консультативное бюро по вопросам сырьевой базы урана, в состав которого входили, в частности, академики В.И. Вернадский и С.С. Смирнов.

Появление в ВИМСе 75 лет назад сектора № 6 явилось отправной точкой в изучении ураноносности территории Советского Союза и создании мощной отечественной базы атомного сырья. В сектор, начинавшийся с 15 человек в середине 1940-х годов., пришла большая группа ведущих ученых ВИМСа, и были приглашены крупные ученые из других организаций. Основу коллектива сектора, насчитывающего к концу 1940-х годов более 60 человек, составляли В.И. Баранов, Я.Д. Готман, отозванные с военной службы,

В.И. Герасимовский, В.Г. Мелков, А.И. Тугаринов, В.В. Щербина, а также А.В. Глазковская, Г.Р. Гольбек, Ц.Л. Гольдштейн, Т.Н. Давыдова, Л.И. Игнатова, С.В. Культиасов, Н.И. Мусиченко, Б.А. Петрушевский, Е.Г. Разумная, А.И. Сулоев. Наряду с уже сложившимися опытными исследователями в секторе работало много молодых сотрудников — геологов, минералогов, геохимиков, геофизиков, методистов и конструкторов радиометрической аппаратуры для поисков и исследования урановых месторождений. Немалая часть этой молодежи выдвинулась впоследствии в первые ряды ученых — специалистов по различным аспектам урановой проблемы.

В середине 1950-х годов непрерывно расширявшийся сектор № 6 был преобразован в Первое геологическое отделение института. В 1960–1970-е годы, в период максимального развития в СССР геологоразведочных работ на уран, сектор насчитывал около 320 сотрудников, объединенных в ряд отделов и секторов. Руководителями отделения в разные годы последовательно были И.Н. Зубрев, А.Н. Еремеев, А.К. Прусс, Р.Ф. Данковцев, Е.М. Шмариович, Г.А. Машковцев, В.Н. Щеточкин, И.Г. Печенкин.

В начальный период своей деятельности сектор № 6 занимался не только обобщающими и исследовательскими работами. Уже в середине 1940-х годов при нем были созданы производственные экспедиции, впервые ориентированные на поиски и оценку урановых объектов. Первой из них стала Алданская экспедиция, возглавлявшаяся А.И. Сулоевым. В 1944 г. ей удалось установить в золотоносных россыпях Алданского района уран-ториевые минералы — алданит и монацит, а в дальнейшем выявить ряд крупных монацито-алданитовых россыпей, детально их изучить, разведать, подсчитать запасы по урану и торию и выделить Алданскую редкометалльную провинцию.

В 1945–1946 гг. Прибалтийской экспедицией, руководимой М.Н. Альтгаузенем — крупнейшим ученым в области осадочных рудных месторождений, изучалась ураноносность диктионемовых сланцев, протягивающихся полосой вдоль южного берега Финского залива. Их повышенная радиоактивность была установлена еще в начале XX в., а выполненные исследования показали, что диктионемовые сланцы повсеместно обогащены ураном при содержании его от тысячных до сотых долей процента. Они также характеризуются повышенными содержаниями молибдена и ванадия.

Александровской экспедицией, созданной в 1946 г. и работавшей под руководством Д.И. Щербакова и В.И. Баранова, впервые в Советском Союзе был освоена скоростной метод поисков месторождений урана с самолетов. Основой метода стала разработанная впервые в мире А.Л. Якубовичем и его сотрудниками специальная радиометрическая аппаратура.

Наиболее значительную роль в поисках урана на раннем этапе играла Ферганская экспедиция ВИМСа, образованная в 1945 г. с целью изучения ураноносности Средней Азии. На начальном этапе работ экспедицию возглавлял Ф.М. Малиновский, позднее —

О.П. Брылин, научное руководство ее работами осуществлялось Д.И. Щербаковым и М.Н. Альтгаузенем, а по геофизической части — В.И. Барановым. Экспедиция проводила ревизию известных месторождений и поисковые работы в Алайском, Кураминском, Чаткальском, Нуратинском хребтах. Были открыты первые новые месторождения урана — Шакаптарское, Майлисайское, Шайдансайское, Бельдерсайское. В 1948 г. Ферганская экспедиция была реорганизована, коллектив ее резко вырос и многочисленные полевые партии до 1958 г. успешно вели поисковые и исследовательские работы в самых разных районах страны: в Горной Шории и на Алтае, Восточном Саяне и Хамардабанае, на Полярном Урале и Енисейском кряже, Северном, Центральном и Западном Казахстане, в Карпатах, в Подмосковном бассейне, на Северном Кавказе, в Закавказье, Южном Приморье, на Сахалине.

Еще две экспедиции ВИМСа проводили работы за рубежом. Южная экспедиция, возглавлявшаяся В.Б. Кочуровым и В.И. Герасимовским, вела поисковые и разведочные работы в Болгарии и Румынии. В Болгарии экспедицией было открыто Сеславское месторождение урана, а в Румынии — месторождение Бихор. Западная экспедиция осуществляла поиски и разведку урана в ГДР и Чехословакии. На ее кадровой базе позднее были организованы геологические службы СГАО «Висмут» и Акционерного общества в ЧССР.

В исследованиях по урану, как и по всем другим профильным для института полезным ископаемым, использовался базовый для ВИМСа многоплановый комплексный метод изучения минерального сырья. В число решаемых задач входили прогнозные разработки разных масштабов с выделением перспективных площадей, детальное комплексное изучение рудных объектов с использованием структурных, литологических, петрологических, минералого-геохимических, геофизических, гидрогеологических методов, углубленное исследование рудного вещества, исследование радиометрической обогатимости урановых руд, проведение минералого-технологического картирования с изучением технологических свойств руд и лабораторными технологическими испытаниями. Институт осуществлял разработку и внедрение методов прогноза, поисков и оценки урановых месторождений, создавал аппаратуру для проведения поисков, изучения урановых руд. На этой основе с середины 1940-х годов в институте проводилась подготовка и переподготовка специалистов неуранового профиля по всем методическим направлениям урановой геологии — прогнозным, поисковым, разведочным, аналитическим, минералогическим, технологическим и др. Наряду с этим институт проводил глубокие фундаментальные исследования в области теории уранового рудообразования, что определяло надежность поисковых критериев и достоверность выделения перспективных площадей.

Двумя годами позже после образования сектора № 6, в октябре 1945 г., произошло событие, определив-

шее все последующие успехи в формировании отечественной сырьевой базы урана: в соответствии с Постановлением Совнаркома СССР было создано Первое Главное Геологическое Управление (впоследствии «Геологоразведка»), на которое возлагались задачи руководства поисками и разведкой месторождений урана в благоприятных для этого регионах страны. С января 1948 г. в непосредственное подчинение ПГГУ из территориальных геологических управлений были переданы все подразделения, проводившие поиски и разведку урана (около 300 партий), а на их основе создано 10 экспедиций: Октябрьская (Ленинград), Кировская (Киев), Громовская (Баку), Шабровская (Свердловск), Красногорская (Ленинабад), Волковская (Алма-Ата), Березовская (Новосибирск), Ермаковская (Карасуг, Тува), Калининская (Красноярск), Сосновская (Иркутск). ПГГУ были также переданы Северо-Кавказское геологическое управление с Кольцовской экспедицией в г. Ессентуки и Киргизское геологическое управление в г. Фрунзе. В дальнейшем все работы ВИМСа по урану проводились в самой тесной связи с деятельностью этих производственных организаций.

На протяжении 75 лет ВИМС принимал самое активное участие в создании **минерально-сырьевой базы урана и разработке научно-методических основ ее развития**. Специалисты института вели исследования во всех без исключения рудных районах СССР — от Карелии на северо-западе до Туркмении на юге и Южного Приморья на Дальнем Востоке, а также во многих зарубежных странах — ГДР, Чехословакии, Румынии, Болгарии, Китае, Монголии. При этом коллективы института в каждом районе теснейшим образом взаимодействовали с подразделениями вновь созданного Первого Главка.

В истории формирования мощной отечественной базы атомного сырья и выявления условий образования урановых руд разных генетических классов можно выделить ряд последовательных этапов, характеризующихся крупными производственными и научными открытиями, многие из которых непосредственно связаны с деятельностью ВИМСа.

В конце 1940-х—начале 1950-х годов М.Н. Альгаузен вместе с другими учеными ВИМСа (Т.Н. Давыдова, Ц.Л. Гольдштейн, Я.Д. Готман, С.Д. Левина и др.) была разработана теория сингенетического (нормально осадочного) накопления урана (а также ванадия, молибдена и других элементов) в морских углеродистых сланцах, черных глинах и фосфоритах, содержащих огромные потенциальные ресурсы рудного вещества. На примере детально изученных нижнепалеозойских диктионемовых сланцев южного обрамления Балтийского щита было показано, что накопление урана в морских черноцветных осадках происходило главным образом в стадию их диагенеза при длительном взаимодействии кислородных металлосодержащих вод с иловыми водами. В качестве источника урана рассматривались только океанические воды, поскольку снос с прилегающей суши был крайне незначителен. Разработанные теоретические основы уран-

редкометалльного сингенеза стали важной частью методологии изучения, прогноза и развития МСБ урана в осадочных формациях.

Еще в первые послевоенные годы В.Г. Мелковым в пределах Черкесской залежи на Северном Кавказе было установлено наличие урана в ископаемых остатках рыб. Эти скопления костного детрита рыб не вызывали практического интереса из-за низких содержания урана в руде, однако подтвердили разработанную сотрудниками ВИМСа концепцию о возможности формирования сингенетических месторождений урана в морских осадках.

К этому периоду на территории Средней Азии был уже известен целый ряд урановых месторождений не большого масштаба — Адрасман, Тюямун и других, на базе которых был создан первенец уранодобывающей промышленности СССР: Комбинат № 6, в последствии Ленинабадский, в настоящее время «Востокредмет». Среднеазиатские объекты стали исходной основой для первых генетических разработок и создания методов изучения, прогноза и поисков.

Комплексное изучение месторождений в значительной мере связано с минералогическими исследованиями В.Г. Мелкова, выдающегося ученого, внесшего значительный вклад в изучение зоны окисления урановых месторождений, открывшего и описавшего ряд новых минералов, разработавшего основы люминесцентной поисковой минералогии и битуминологии. С именем В.Г. Мелкова связаны и успехи работ на Кавказе: при люминесцентном анализе образцов из коллекций Северо-Кавказского геологического управления им были обнаружены урансодержащие гиалиты. Это послужило основанием для постановки в районе Кавминвод поисковых работ, приведших к выявлению в 1946—1947 гг. месторождений Бештау и Бык и созданию на их базе Лермонтовского горнохимического комбината. В дальнейшем на Северном Кавказе были выявлены Даховское и ряд мелких урановых месторождений. В изучении урановорудных объектов этого региона вместе с Кольцовской экспедицией при кураторстве В.Г. Мелкова принимала участие большая группа геологов ВИМСа — А.С. Свешников, А.М. Сергеева, З.М. Моторина, А.А. Лебедев-Зиновьев, А.П. Семашко, В.М. Тюленев, А.А. Горшков и др.

Несмотря на широкое развитие поисковых работ, в которых участвовали до 100 партий, крупных промышленно значимых открытий не было. В эти годы урановая геология не располагала научной и методической базой, необходимой для надежного обоснования перспективных территорий и их эффективного опосредования. Для широкомасштабных и экспрессных поисков урана на громадных пространствах Советского Союза была необходима принципиально новая технология. Такой технологией стали аэрогаммапоиски, родоначальником которых был ВИМС. Они совершили настоящую революцию в мировой урановой геологии. Рождение самой идеи и создание первых серий приборов связано с именем выдающегося ученого-изобретателя Александра Лазаревича Якубовича.

А.Л. Якубович пришел в ВИМС в 1946 г. после демобилизации из армии. Тогда же по его идее в институте и начались работы по созданию высокочувствительной малоинерционной гамма-радиометрической аппаратуры для поисков месторождений радиоактивных руд с самолета. Несмотря на все критические замечания в адрес предлагаемого метода, звучавшие в разных инстанциях, при всемерной поддержке руководства института был создан макет аэрогаммарадиометра типа ЯГ-2. О темпах работы над созданием аппаратуры можно судить по тому, что с момента патентования прибора в декабре 1946 г. и до выпуска заводской серии приборов прошло всего 4 месяца. С весны 1947 г. десятки самолетов с приборами на борту и операторами, прошедшими стажировку в ВИМСе, приступили к аэропоискам месторождений радиоактивных руд во многих районах нашей необъятной страны.

В дальнейшем аппаратура для аэропоисков неоднократно модернизировалась, в ней появлялись новые каналы, дающие возможность искать с воздуха и другие металлы, но основополагающая роль ВИМСа в создании этого необычайно высокоэффективного метода, позволившего в короткие сроки резко нарастить сырьевую базу урана СССР, несомненна. Использование аэрогадметрического метода поисков на начальном этапе Александровской и Ферганской экспедициями ВИМСа, а затем оперативно и широко внедренного в практику деятельности экспедиций Первого ГГРУ, привело к многочисленным открытиям урановых месторождений в Казахстане, Средней Азии, Восточной Сибири и в других регионах страны.

В 1950-е годы применение аэрогадметрических методов принесло значимые результаты в Закаспии. Еще в 1950 г. заместитель директора ВИМСа Р.Ф. Нифонтов обосновал целесообразность опоскования на уран этого региона, предполагая, что здесь могут быть выявлены гидротермальные урановые месторождения. На основе этих идей в 1952 г. в районе Туаркырской антиклинали были поставлены работы тематической партии ВИМСа (М.Ф. Кузин, А.С. Свешников, А.А. Шарков и др.), сопровождавшиеся аэропоисками. Наземная проверка аэроаномалий привела к выявлению гидротермального месторождения Серное, небольшого по запасам, но с богатыми рудами. Месторождение оперативно было вовлечено в освоение и к середине 1960-х годов полностью отработано.

В 1954 г. при проведении аэропоисковых работ Ферганской экспедицией ВИМСа во впадине Карагие Южного Мангышлака был выявлен ряд аномалий. Полевая проверка, проведенная Л.И. Скосыревой, Н.Ф. Шарминым и Ю.Н. Тереховым, показала, что аномалии связаны с выходами на поверхность пластов костного детрита рыб. Несмотря на отрицательную оценку самих аномалий, руководство ВИМСа проявило настойчивость и прозорливость, организовав тематическую партию (А.С. Столяров, А.П. Полушкин, В.В. Зиновьев) для более тщательного изучения геологической позиции выявленных концентраций урана. Уже первые результаты полностью подтвердили разра-

ботанную в ВИМСе теорию уран-редкометалльного сингенетического рудообразования в осадочных породах и при дальнейшем изучении этого и других районов Средней Азии и Казахстана руководствовались созданной методологией.

В итоге проведенных в течение одного полевого сезона геологических исследований А.С. Столяровым была составлена геолого-прогнозная карта и выделены участки для постановки поисково-оценочных работ с бурением. Уже первые скважины, пробуренные на одном из выделенных перспективных участков, показали значительные параметры залежи костного детрита и более высокую ее ураноносность по сравнению с известной Черкесской. Это привело к резкому расширению работ и выявлению уже в 1957–1958 гг. крупного месторождения Меловое. Установленные масштабы месторождения (около 40 тыс. т урана) сразу же привлекли внимание промышленности и привели к созданию на его базе Прикаспийского горно-металлургического комбината в г. Шевченко (ныне г. Актау).

В результате, благодаря инициативе и усилиям ВИМСа, на Мангышлаке в кратчайшие сроки возникла новая сырьевая база урана — Прикаспийская провинция, ставшая настоящим детищем института. Вслед за месторождением Меловое было открыто второе промышленное месторождение — Томакское, так же, как и Меловое пригодное для наиболее рентабельной открытой отработки. Именно эти два месторождения длительную время отработывались комбинатом не только на уран, но попутно и на фосфор с получением высококачественных удобрений (нитрофос, аммофос, суперфосфат), которыми снабжались южные районы СССР.

В изучении Закаспийского ураноносного района, проводившегося ВИМСом под общим руководством Р.В. Нифонтова, принимали участие А.С. Столяров, А.А. Шарков, М.М. Мстиславский, А.В. Коченов, В.В. Зиновьев и др. Исследования носили комплексный характер и позволили определить основные геологические особенности и закономерности формирования нового генетического типа урановых месторождений.

Получение значимых результатов работ на Мангышлаке послужило основанием для более широкого подхода к оценке ураноносности разновозрастных отложений и в других районах Прикаспия. В 1956 г. на выходах олигоценовых пород в Калмыкии Кольцовской экспедицией были проведены аэропоиски, которые сразу привели к открытию нового рудного района — Ергенинского. Здесь в конце 1950-х—начале 1960-х гг. выявлено 16 месторождений комплексных фосфор-уран-редкоземельных руд, связанных с костным детридом рыб: Степное, Яшкульское, Шаргадыкское, Богородское, Нугринское, Багабурульское и др. В этот период здесь работали сотрудники ВИМСа — Е.И. Антипычева и И.А. Панов, исследования которых значительно способствовали познанию месторождений и их правильной оценке.

С конца 1970-х годов Кольцовская экспедиция, а в 1980-е годы и ВИМС возобновили работы в Ергенинском районе. А.С. Столяровым, Е.И. Ивлевой и В.М. Рехарской была проведена поэлементная геолого-экономическая оценка ресурсов редких земель, а также скандия и рения в месторождениях района. Еще позднее, в 2011–2016 гг., ВИМС (Г.И. Авдонин, С.Н. Иванов и др.) совместно с ОАО «Кольцовгеология» провел натурную геотехнологическую и геолого-экономическую оценку Шаргадыкской рудной залежи для варианта отработки кучным выщелачиванием. В итоге проведенных исследований разработан технологический регламент кучного выщелачивания и технология переработки продуктивных растворов до получения ликвидной товарной продукции, а также разработано и утверждено ТЭО временных кондиций, показавшее возможность экономически эффективной промышленной отработки месторождения с добычей руды открытым способом и последующим кучным выщелачиванием.

В 1950–1960-е годы, в условиях длительной и сложной эволюции генетических представлений о рудообразовании, произошло открытие и становление в СССР уникальной Притяньшаньской урановорудной мегапровинции.

Сингенетическая гипотеза происхождения уранредкометаллических месторождений (М.Н. Альггаузен и др.) развивалась и модифицировалась специалистами ИГЕМа В.И. Данчевым, Н.П. Стреляновым, Д.Д. Пенинским и сотрудниками ВИМСа — Я.Д. Готманом, Е.И. Антипычевой, И.А. Пановым, А.Н. Шевниным и другими, и вскоре применительно к объектам Сев. Ферганы стала общепризнанной. Вместе с тем, в концепции сингенеза не укладывались многочисленные накапливавшиеся данные о наложенном характере рудных выделений и их связи с проницаемыми водо-нефтеносными горизонтами. Это позволило ряду гидрогеологов ВСЕГИНГЕО и экспедиции № 1 ИГЕМ (А.А. Смирнов, Н.В. Губкин, А.И. Германов, А.К. Лисицын и др.), а затем литологов (В.Н. Холодов, Г.В. Комарова, И.А. Кондратьева) выдвинуть в начале 1950-х годов альтернативную концепцию генезиса этих руд и связать их образование с процессами биохимического окисления залежей углеводородов ураноносными сульфатными пластовыми водами.

Однако важнейшее значение в развитии теории уранового рудообразования в осадочных комплексах и сырьевой базы страны сыграли события, развернувшиеся на территории Центральных Кызылкумов. В этот период значительные площади этого региона были покрыты аэрогаммапоисками силами сформированной на базе Ферганской экспедиции ВИМСа в 1951 г. Краснохолмской экспедиции. Было выявлено значительное количество не имеющих практического значения приповерхностных аномалий и рудопроявлений. Большая их часть относилась к «инсоляционному» типу, т.е. рассматривалась в соответствии с представлениями А.И. Перельмана (1949 г.) как результат осаждения урана из неглубоко залегающих

грунтовых вод при их испарении, другая трактовалась как следствие окисления убогих сингенетических аккумуляций, связанных преимущественно с черными глинами и фосфоритоносными осадками.

Поворотным моментом в становлении мегапровинции и наращивании урановорудного потенциала страны явилось открытие в 1954 г. Учкудукского месторождения в верхнемеловых песчаных отложениях Центральных Кызылкумов. Месторождение выявили при разбуривании на глубину одного из приповерхностных рудопроявлений, выявленных аэропоисками, и оно оказалось уникальным по своим масштабам. Его запасы были соизмеримы с сырьевой базой всего Чаткало-Кураминского региона — первой урановорудной провинции Средней Азии.

Геологами, непосредственно разведывавшими Учкудукское месторождение (В.М. Мазин, Г.А. Печенкин и др.), в 1956 г. было установлено, что все без исключения рудные залежи располагаются в пределах водоносных песчаных пластов и локализируются строго на контакте неизменных сероцветных пород с лимонитизированными окисленными. Данные, полученные при детальном фашиально-литологическом и минералого-геохимическом изучении руд и рудовмещающих пород, привели в 1958 г. сотрудников ВИМСа (Е.М. Шмариовича, Е.А. Головина, М.Ф. Каширцеву и др.) и геологов Краснохолмской экспедиции к выводу о том, что месторождение полностью эпигенетическое и образовалось в результате осаждения из нисходящих кислородных пластовых вод при переходе в восстановительную геохимическую обстановку. Было введено важное новое понятие о рудоконтролирующих зонах пластового окисления, резко отличающихся от обычных зон поверхностного окисления тем, что они формируются кислородсодержащими напорными водами артезианских бассейнов.

Возникло понятие о новом промышленном типе инфильтрационных месторождений, связанных с эпигенетической пластовой окислительной зональностью. В дальнейшем эта зональность получила в работах ВИМСа детальную минералого-геохимическую, гидрогеохимическую, радиологическую, микробиологическую, физико-химическую характеристики и была смоделирована в лабораторных условиях. Е.М. Шмариовичем и Е.А. Головиным было показано, что рудоконтролирующие зоны пластового окисления образуются преимущественно в районах аридного климата на этапах умеренной тектонической активизации платформ.

Было показано, что масштабы уранового оруденения в областях выклинивания пластово-окисленных зон обусловлены совокупностью нескольких важнейших факторов: концентрацией урана в исходных пластовых кислородных водах, скоростью фильтрации вод, длительностью рудообразующего процесса, степенью контрастности восстановительного геохимического барьера, мощностью водоносного пласта и протяженностью фронта пластовоокисленной зоны. В соответствии с этим в качестве ведущего поискового

критерия оруденения выступают области выклинивания зон пластового окисления, сформированных длительно действовавшими потоками ураноносных ($n \cdot 10^{-5}$ г/л и более U) кислородных пластовых вод в породах с сингенетическими и эпигенетическими восстановителями. Эти теоретические разработки были положены в основу методов прогнозирования и поисков пластово-инфильтрационных месторождений, что предусматривало последовательную детализацию профильным бурением границ выклинивания пластооокисленных зон в благоприятных литолого-геохимической, геолого-структурной и гидрогеологической обстановках.

Ведущая роль в создании теории экзогенно-эпигенетического (инфильтрационного) рудообразования, ее успешном внедрении в практику геологоразведочных работ, разработке научно обоснованных методов прогнозирования, поисков и разведки подобных месторождений несомненно принадлежит Е.М. Шмариовичу — крупнейшему специалисту в области литологии, геохимии и геологии полезных ископаемых, возглавлявшему в те годы работы ВИМСа в Притяньшанье.

В дальнейшем уже в 1970-е годы в результате многолетнего комплексного изучения большим коллективом специалистов ВИМСа под руководством В.Н. Щеточкина (Г.А. Машковцев, С.Г. Булатов, И.И. Ткаченко, С.М. Бакулин, В.С. Кудин, С.А. Постников и др.) были выявлены многочисленные месторождения в Кызылкумах и существенно расширены представления о генезисе пластово-инфильтрационных объектов, характере геохимических барьеров и типах руд, причинах локальности развития промышленного оруденения вдоль пластооокисленных зон. Благодаря этим работам, усовершенствована базовая модель инфильтрационного ураноаккумуляции, включающая источники металлов, пути их транспортировки и места локализации руд, была доказана роль эпигенетических восстановителей в формировании богатых руд, выявлены долгоживущие структуры и определено их значение в рудоконтроле, определена этапность в проявлении окислительных и восстановительных процессов и др.

В качестве прогнозных были определены погоризонтные карты эпигенетических изменений пород водоносных горизонтов артезианских бассейнов, составленные на геолого-структурной, литолого-фациальной, гидрогеологической и литолого-геохимических основах. Е.М. Шмариовичем на основе собственной документации керна скважин был составлен комплект погоризонтных фациально-палеогеографических карт на территорию Кызылкумов, которые были положены в основу прогнозного картографирования. В начале 1960-х годов коллективами специалистов ВИМСа (Е.М. Шмариович и др.) и Краснохолмской экспедиции (М.Э. Пояркова и др.) были оперативно составлены погоризонтные карты на основные перспективные горизонты мел-палеогенового осадочного чехла. Проведенные на их основе поисковые работы в течение 10 лет привели к открытию основных месторождений региона и формированию Кызылкумской урановоруд-

ной провинции, а в последствии — и всей Притяньшаньской мегапровинции.

Помимо работ по проблеме пластово-инфильтрационных руд, в 1950–1960-е годы ВИМС много и плодотворно занимался выявлением, изучением и оценкой эндогенных урановых месторождений Казахстана. Перспективы ураноносности Северного Казахстана были обоснованы в начале 1950-х годов М.Н. Альтгаузен, который выдвигал в качестве наиболее перспективных каледонские структуры региона и прежде всего — Кокчетавский кристаллический массив. Уже к 1955 г. аэроработами Волковской экспедиции здесь был выявлен ряд урановых месторождений — Балкашинское, Кубасадырское, Шатское, Маныбайское, Тастыкольское, Коксорское и др. В 1955 г. для изучения этих месторождений и дальнейших поисков по инициативе М.Н. Альтгаузена была создана самостоятельная Степная экспедиция. М.Н. Альтгаузен стал ее первым главным геологом, совместив производственную работу с научным руководством группами ВИМСа (М.Г. Маркина, А.В. Глазковская, С.Д. Левина, А.А. Шугин, А.К. Константинов, А.В. Лебедев-Зиновьев, А.А. Ашихмин, Г.А. Тарханова и др.), которые провели огромную работу по изучению структурных условий локализации оруденения, состава метасоматических образований, рудоконтролирующей зональности, вещественного состава руд.

В 1950–1960-е годы ВИМСом были проведены масштабные работы по всестороннему исследованию гидротермальных урановых месторождений в Южном Казахстане. Под руководством Н.А. Волкова, талантливого и, к сожалению, рано ушедшего из жизни ученого, Е.В. Копченовой, К.В. Скворцовой, Г.И. Фроловым, А.Т. Костиковым, Ю.В. Реутиным, Г.А. Тархановой, Л.В. Чесноковым, А.Е. Халдеем и другими были детально изучены Курдайское, Ботабурумское, Кызылсайское, Джиделинское молибден-урановые месторождения, установлены: структурный контроль оруденения, характер и особенности распространения предрудных метасоматитов, вещественный состав руд. Исследована зона гипергенеза этих месторождений, отличающаяся большим разнообразием вторичных урановых минералов. Выявленные особенности размещения уранильной минерализации в сочетании с геолого-структурными исследованиями способствовали повышению эффективности поисково-разведочных работ в пределах Кызылсайской группы месторождений.

В эти же годы была создана и внедрена в практику вначале в Северном Казахстане, а затем и на Украине, методика глубинных поисков погребенных месторождений урана, использование которой привело к открытию многих рудных объектов. Еще в 1959 г. В.И. Красников, заведующий сектором методики поисков месторождений полезных ископаемых ВИМСа, отметил исчерпание фонда легко выявляемых месторождений в освоенных районах со степным и лесостепным ландшафтом и поставил вопрос о необходимости разработки методики поисков труднооткрываемых

мых рудных объектов, не выходящих на дневную поверхность. Эта идея была воплощена в жизнь коллективом сектора ВИМСа, возглавляемым А.Н. Еремеевым, крупным ученым, впоследствии многолетним директором института, который и являлся научным руководителем работ.

Основным принципом глубинных поисков, проводимых ВИМСом и Степной экспедицией, была последовательная локализация крупных площадей на базе выделения региональных, районных и локальных критериев, контролирующих размещение рудных узлов, полей и месторождений. Был определен характер проявления разномасштабных критериев в физических полях, установлены геолого-геофизические признаки основных факторов рудообразования, определены рациональный комплекс методов, масштабы работ, приемы интерпретации, оптимальные сетки поискового бурения, методика составления специализированных на уран прогнозно-геологических карт.

В качестве главных прямых поисковых признаков были обоснованы и использованы погребенные вторичные остаточные ореолы рассеяния урана и сопутствующих рудных элементов в коре выветривания пород фундамента. На участках, лишенных коры выветривания, поиски велись по первичным геохимическим ореолам. Для выбора перспективных аномалий был установлен комплекс диагностических признаков, позволяющий определить их принадлежность к промышленно значимым типам месторождений. Основной методикой являлось рациональное сочетание геологических, геофизических, геохимических, минералогических и других методов исследований.

Разработка и широкое применение комплексной методики глубинных поисков, позволяющей выделять рудоперспективные участки под чехлом рыхлых отложений значительной мощности, составили эпоху в развитии геологоразведочных работ на уран и способствовали выявлению целого ряда месторождений и рудных полей в Северном Казахстане (Грачевское и Славянское рудные поля, Косачиное, Глубинное, Викторовское, Камышиное и другие месторождения), а позднее — и в Центрально-Украинской урановорудной области, где они проводились Кировской экспедицией (О.А. Олейник и др.) и ВИМСом (группа А.Н. Еремеева).

Месторождения Ишимского, Грачевского, Шатского, Славянского рудных полей, позднее Косачиное, детально изучались группами А.А. Ашихмина, А.С. Ключкова, И.В. Швея, в которые в разные годы входили А.К. Константинов, Л.В. Воронкевич, Г.А. Чаплинская, А.П. Нечаев, М.И. Пахомов, Д.А. Горелов, А.И. Корявко, В.И. Сучков, В.И. Шаров, Р.В. Голева, В.М. Тюленева, Б.Н. Шашорин, Т.Н. Сирина и др.

Начало 1960-х годов ознаменовалось почти одновременным открытием в Советском Союзе трех крупнейших урановорудных районов, локализованных в пределах активизированных областей древних жестких сооружений: Эльконского на Алданском щите,

Стрельцовского в Керулен-Аргунском срединном массиве (Восточное Забайкалье) и Кировоградского на Украинском щите.

Изучение ураноносности Алданского щита, продолжавшееся около 30 лет, явилось важнейшим этапом деятельности ВИМСа. Известный здесь уникальный по геологическим особенностям и масштабам развития оруденения Эльконский урановорудный район был открыт по прогнозу сотрудника ВИМСа профессора Я.Д. Готмана. Геологи ВИМСа первыми из научно-исследовательских организаций пришли сюда в конце 1950-х годов и последними — в 1986 г. завершили на щите научные исследования в связи с консервацией рудного района и ликвидацией работ Приленского производственно-геологического объединения.

Яков Давыдович Готман, сыгравший важнейшую роль в открытии и изучении алданских месторождений, был выдающимся петрографом, минералогом и специалистом в области рудной геологии. Еще в 1956 г. на совещании у Министра геологии Я.Д. Готман высказал, а в начале 1957 г. в специальной записке «К вопросу о поисках урановых месторождений на территории Алданской плиты» на основе анализа обширного геологического материала конкретно обосновал перспективы ураноносности внутренних частей Алданского щита, указав на ошибочность выделения в качестве перспективной только зоны его складчатого обрамления.

Обоснованность прогнозов Я.Д. Готмана, ориентировавшего дальнейшие поиски урановых месторождений на древнее ядро щита, вскоре подтвердилась. В 1958 г. на Алданском щите были начаты планомерные аэрометрические работы, которые сразу принесли положительные результаты. Уже в 1960 г. аэропартия № 35 Приленской (тогда Октябрьской) экспедиции вышла на площадь Эльконского горста и в этом же году ее наземные отряды выявили здесь более 10 урановых рудопоявлений и значительное число точек с урановой минерализацией, что послужило основанием для широкого развертывания на этой площади поисково-оценочных работ.

ВИМС начал исследовательские работы в Эльконском районе с 1961 г. Группа, работавшая под научным руководством Я.Д. Готмана (Ф.К. Портнов, Ю.И. Бывших, О.М. Брылина, Ю.В. Реутин и др.), совместно с партией № 47 Приленской экспедиции проводила поиски м-ба 1:10 000 и занималась детальным изучением выявленных рудных проявлений.

В течение 1961–1962 гг. на горсте было обнаружено большое количество протяженных рудоносных зон, в том числе гигантская по размерам и масштабам оруденения зона Южная. Полученные данные позволили считать, что в древнем активизированном в мезозое ядре Алданского щита выявлен новый крупнейший урановорудный район, который обладает целым рядом своеобразных черт и не имеет аналогов в мировой практике. С целью исследования оруденения Эльконского района и быстрой оценки его перспектив Первым ГГРУ было принято решение привлечь к научно-

исследовательским работам в районе специалистов разного профиля, объединив их исследования единой программой. В работах по этой программе приняли участие коллективы ВИМСа, ВСЕГЕИ, ВИРГа, экспедиции № 1 ИГЕМ АН СССР, ГЕОХИ АН СССР, МГРИ, ВНИИХТа, ВСЕГИНГЕО. Обязанности ведущего института по проблеме и основной объем исследований были поручены ВИМСу, а научным руководителем работ назначен Я.Д. Готман. Он же возглавил созданный в ВИМСе для решения поставленных задач сектор геологии Якутской АССР.

Большой коллектив сотрудников сектора, детально изучавший под общим руководством Я.Д. Готмана золотосодержащие урановорудные зоны района, состоял из нескольких самостоятельных групп. Одна из них, руководимая Э.В. Петросяном, вела исследование крупных объектов зоны Южная, другая под руководством А.К. Мигуты изучала рудные зоны центральной и северо-западной частей района. В эти группы входили специалисты разных направлений — минералоги (В.М. Полякова, Л.С. Рудницкая, О.П. Фурсова), петрологи (М.А. Литвин, О.М. Брылина, Р.В. Голева, В.А. Ознобихин), структурщики (Ю.Д. Колошин, В.И. Гаврилин, С.И. Мельников, В.М. Цырульников) и многие др. Помимо этого, группа ВИМСа, возглавляемая Ф.К. Портновым (Ю.И. Бывших, В.Б. Шагарова, В.И. Шевченко), совместно с партией 69 Приленского ПГО, проводила геолого-структурное картирование Эльконского горста, в результате чего была составлена специализированная карта рудного района м-ба 1:25 000, которая на долгие годы стала основой для проведения здесь всех дальнейших работ.

В результате исследований были установлены структурные условия локализации оруденения как в древних активизированных разломах, так и в зонах мезозойского заложения, состав и зональность прерудных метасоматитов, вещественный состав минеральных ассоциаций, геохимические особенности оруденения, разработаны типизация рудоносных структур, поисковые критерии и признаки оруденения. Особое значение имели отраженные в работах Я.Д. Готмана, В.М. Поляковой, А.К. Мигуты, О.П. Фурсовой результаты изучения рудного вещества месторождений Эльконского горста, показавшие необычность их состава: практически единственным первичным урановым минералом руд оказалась новая, собственно урановая, средне-низкотемпературная разновидность браннерита, претерпевавшая под воздействием поздних стадий эндогенного процесса и гипергенных изменений сложные преобразования. Данные изучения взаимоотношений урановых руд с мезозойскими магматическими породами, полученные Н.В. Овсянниковым и Л.В. Рудницкой, позволили определенно установить геологический возраст оруденения и уточнить его генетическую природу.

Намечавшееся освоение района не было начато в связи с тем, что почти одновременно с Эльконским в СССР были выявлены, а затем вовлечены в отработку Стрельцовский и Кировоградский урановорудные

районы, находящиеся в лучших географо-экономических условиях. Однако Эльконский район всегда рассматривался в качестве главной резервной базы ядерного сырья страны.

Стрельцовский рудный район в Восточном Забайкалье, который уже в течение многих лет является единственным в России осваиваемым районом с эндогенными урановыми месторождениями и главным поставщиком природного урана для атомной промышленности, интенсивно изучается с начала 1960-х годов. ВИМС пришел сюда позднее других научных групп, среди которых ведущая роль принадлежала коллективу экспедиции № 1 ИГЕМ АН СССР, возглавляемому крупным ученым Ф.И. Вольфсоном.

1970–1980-е годы. С 1973 г. от ВИМСа в Стрельцовском районе работала группа Г.И. Россмана, занимавшаяся разработкой методики выделения локальных участков, перспективных на выявление слабопроявленных урановых месторождений. В этот же период начала детальное комплексное изучение рудного района группа И.С. Модникова (К.В. Скворцова, И.В. Сычев, А.Н. Нечаев, Л.В. Чесноков, А.Т. Костиков, А.Е. Халдей, Н.С. Трофимов, Д.А. Горелов, Н.А. Перец и др.). Группа ВИМСа под руководством И.С. Модникова вела исследования в разных направлениях, преимущественно в области детального изучения метасоматических образований и рудного вещества. Главная заслуга этого коллектива — изучение и оценка рудоокалывающей роли кристаллического фундамента Стрельцовской кальдеры, чему ранее не придавалось особого значения. С использованием самых современных высокоточных методов были исследованы петрохимические и геохимические особенности пород фундамента, характер проявленности в нем процессов гранитизации, радиогеохимической и геохимической дифференциации, изучена разновозрастная радиоактивная минерализация. Впервые было показано развитие вблизи рудных зон в фундаменте крупных отрицательных ореолов дефицита урана, что свидетельствовало о мобилизации металла из вмещающих гранитизированных пород и имело важное поисковое значение. С учетом новых выделенных поисковых признаков впоследствии в фундаменте депрессии были открыты Шурундукуевское и Аргунское месторождения, глубокие части Октябрьского месторождения. Группе принадлежит ведущая роль в изучении пород и руд, вскрытых пробуренными в районе одиннадцатью сверхглубокими (до 3 км) скважинами. Это изучение дополнило данные, свидетельствующие о заимствовании урана при рудообразовании из кристаллического фундамента.

Исследования, выполненные в Костобинском (Южн. Казахстан), Стрельцовском, а позднее и в Дорнотском (Сев. Монголия) районах, позволили группе И.С. Модникова в 1985–1988 гг. разработать научные основы крупномасштабного прогнозирования урановых месторождений в структурно-формационных комплексах складчатого основания районов развития континентального вулканизма и предложить принци-

пы оценки промышленной ураноносности вулканотектонических структур в областях тектоно-магматической активизации.

На Украине, в Кировоградском рудном районе, в эти же годы работала группа А.С. Ключкова (К.В. Копченкова, И.Г. Минеева, Э.Г. Ишевская и др.), которая, на основе разностороннего изучения открытых здесь урановых месторождений в натриевых метасоматитах, разработала рациональный комплекс районных и локальных критериев и признаков для поисков новых рудных объектов. В начале 1970-х годов к ней присоединилась группа А.К. Мигуты (Ю.И. Бывших, В.М. Полякова, В.И. Дмитриев, П.Н. Елсуков, В.М. Писаревский и др.), в результате работ которой были выделены и охарактеризованы минеральные типы урановых руд в альбититах центральной части Украинского щита, проведено их картирование на месторождениях Кировоградского и Ватутинского районов, показаны структурные особенности локализации оруденения в разных типах разломов. Большое значение для поисков на Украине имели выполнявшиеся под руководством выдающегося ученого В.И. Малышева радиоизотопные исследования (З.А. Соколова, Ю.П. Салмин, Л.А. Березина, Л.И. Мануилова и др.). В этот же период группа В.Н. Щеточкина (В.И. Дмитриев, И.И. Ткаченко, Ю.М. Гуртовенко и др.) изучала условия формирования на Украинском щите гидрогенного уранового оруденения, в том числе чернивевого трещинно-инфильтрационного в породах фундамента.

С начала 1960-х годов ВИМСом активно разрабатывались *научно-методические основы прогноза, поисков, оценки и разведки урановых месторождений*.

Сектор, возглавляемый Ю.В. Шарковым (А.А. Шугин, О.А. Глико, А.С. Миялев, А.М. Демиденко и др.), разрабатывал вопросы, связанные с поисками урановых месторождений в различных ландшафтно-климатических зонах главным образом в районах с горнотаежным и моренным ландшафтами. Была предложена методика оценки и районирования площадей по степени закрытости, введено понятие о категориях трудности опоскования (КТО) и создана карта категорий трудности опоскования территории СССР м-ба 1:2 500 000, позволяющая оптимально комплексировать планируемые поисковые методы и оценивать достоверность поисковых работ.

Сектор методики разведки, руководимый С.А. Шафрановым, а затем В.А. Петровым (А.А. Амосов, С.А. Дайнега, М.П. Иванов и др.), занимался анализом и обоснованием целесообразной плотности разведочной сети применительно к различным морфогенетическим типам урановых месторождений. В 1985 г. В.А. Петровым создан «Атлас моделей рудных систем различных типов урановых месторождений для обоснования разведочных сетей», которые пригодны и в современный период при оценке и разведке месторождений различных групп сложности.

1970–1980-е годы характеризуются новыми открытиями, имевшими важное значение для урановой отрасли.

В Забайкалье в течение многих лет различными группами ВИМСа, совместно с Сосновской экспедицией, проводились работы по оценке ураноносности региона и изучению выявляемых в его пределах разнотипных месторождений: Оловского, Имского (Р.Ф. Данковцев, Я.М. Кисляков и др.), Горного и Березового (А.К. Константинов, А.А. Черников и др.) и урановых проявлений в палеодолинах, выполненных водопроницаемыми отложениями неогена (Р.Ф. Данковцев, А.В. Ильичев, П.К. Дементьев, А.Е. Халдей, А.В. Коченов, А.Д. Коноплев, Г.А. Тарханова и др.).

В 1978 г. при проведении буровых поисков в одной из палеодолин было выявлено значительное по масштабам месторождение Хиагдинское, что привело к широкому развороту поисковых и детальных оценочных работ и возникновению Витимского рудного района, который изучается и осваивается до настоящего времени. В результате исследований установлены основные факторы рудообразования и уточнены поисковые критерии, обоснована рудоконтролирующая экзогенно-эпигенетическая инфильтрационная зональность, расшифровано литолого-фациальное строение отложений и их генезис, показано, что рудные залежи образованы в основном фосфатными (нингиоит) и оксидными (настуран) рудами. Геотехнологическими исследованиями (Б.Г. Самсонов, О.В. Кутуева) установлены благоприятные технологические свойства руд, что обосновало целесообразность постановки натуральных технологических испытаний, положительные результаты которых подтвердили возможность извлечения урана способом СПВ и доказали промышленную значимость месторождений. В настоящее время в палеодолинах Витимского района выявлено девять урановых месторождений, из которых одно — Хиагдинское разрабатывается и пять разведываются. На базе Хиагдинского месторождения действует горнодобывающее предприятие АО «Хиагда», ведущее добычу высокоэффективным способом скважинного подземного выщелачивания, что стимулирует промышленность расширять разведочные и поисковые работы в Витимском районе.

Интересна история открытия в начале 1980-х годов Зауральского урановорудного района, объединяющего разветвленные системы позднеюрских палеорусел. В течение нескольких десятков лет коллективы Зеленогорской экспедиции и ВИМСа вели в Уральском регионе поиски урановых месторождений самых разных геолого-промышленных типов, но объектов, которые заинтересовали бы промышленность, здесь найдено не было и в руководстве Первого Главка остро встал вопрос о прекращении поисков урана в регионе и расформировании Зеленогорской экспедиции. Однако в начале 1979 г. Е.М. Шмариович и куратор экспедиции Р.Ф. Данковцев направили в Первое ГГРУ докладную записку, в которой доказывали, что перспективы Уральского региона на выявление промышленных урановых месторождений не исчерпаны, и обосновали возможность их обнаружения в связи с зонами окисления. В период решения судьбы экспедиции, уже осенью 1979 г., при проверке одной из ста-

рых аномалий в Песчанской депрессии было вскрыто урановое оруденение с промышленными параметрами. Рудопроявление назвали Песчанским, затем Октябрьским и, наконец, Далматовским. Было установлено, что рудоносные отложения не депрессионные, а палеорусловые. Этот факт явился коренным переломным моментом в судьбе урановой геологии Зауралья и дал начало активному поиску рудовмещающих палеодолин. После Далматовского в 1983 г. было открыто Тобольское, в 1988 г. — Добровольное, а в 1994 г. — Хохловское месторождения.

Сотрудники ВИМСа принимали самое активное участие в комплексном изучении месторождений и научно-методическом сопровождении ГРП (А.Б. Халезов, М.Ф. Максимова, Я.М. Кисляков, В.Т. Лукьянова, А.В. Гаврюшов, П.К. Дементьев, В.Г. Круглова, С.Г. Галашов, А.Д. Коноплев, Г.А. Тарханова и др.). Были решены важнейшие вопросы, связанные с поисками и оценкой урановых месторождений в юрско-меловых палеодолинах Зауралья: определены различные эпигенетические преобразования пород, среди них выделены рудоконтролирующие изменения, детально охарактеризован вещественный состав руд. Особенно важным являлся вопрос о возможности отработки месторождений способом СПВ, что определяло промышленную значимость объектов и дальнейшую судьбу оруденения нового геолого-промышленного типа. Совместно с сотрудниками ГРП-71 геотехнологи ВИМСа (В.А. Грабовников, Б.Г. Самсонов, О.В. Кутуева и др.) провели лабораторные исследования и натурный двухскважинный опыт, что позволило доказать возможность отработки руд способом скважинного подземного выщелачивания.

Одной из важнейших задач специалистов института является оценка состояния минерально-сырьевой базы урана страны и определение путей ее воспроизводства и развития. Этой проблеме были посвящены крупные обобщающие работы разных лет. Особая роль принадлежит знаменитой теме № 5 по оценке перспектив ураноносности территории СССР, выполнявшейся в 1972–1977 гг. силами экспедиций Первого ГГРУ и специализированных подразделений НИИ под методическим и организационным руководством ВИМСа (А.К. Прусс, А.Н. Еремеев и др.). В основу этой многоплановой темы были положены результаты прогнозно-поисковых работ на уран за весь послевоенный период, научные и методические разработки институтов по промышленно-генетическим типам месторождений и условиям локализации оруденения, закономерностям размещения рудных районов и провинций, методическому обеспечению геологоразведочных работ в целом и в конкретных ландшафтно-геоморфологических условиях. В результате была дана достоверная оценка ресурсного потенциала урана страны по состоянию на 1976 г., определены границы известных на то время рудных районов и провинций, обоснованы новые перспективные территории и соответствующие им направления геологоразведочных и научно-исследовательских работ.

1990–2000-е годы и настоящее время. В этот период практически не было открытий крупных объектов в связи с существенным сокращением финансирования ГРП на уран, исчерпанностью резерва легкооткрываемых приповерхностных объектов, что обусловлено высокой изученностью территории России и отсутствием хорошо проработанной методики и технических средств поисков скрытых и перекрытых месторождений. В то же время проводились обширные исследования по обобщению накопленных геолого-генетических и других данных с целью создания современных технологий поисков урана, осуществлялись прогнозные исследования с выделением перспективных площадей на эндогенное и гидрогенное оруденение, научно-методическое сопровождение геологоразведочных работ и переоценка ранее выявленных объектов с применением новых технологий их разработки.

Обширные интереснейшие материалы, полученные при изучении *эндогенных месторождений* Стрельцовского рудного поля, а ранее в Эльконском урановорудном районе, при сопоставлении их с данными по другим рудным районам мира привели И.С. Модникова и А.К. Мигуту к созданию историко-геологической модели формирования масштабных эндогенных месторождений урана, отражающей последовательность геологических явлений, приводивших к рудообразованию. Было показано, что оруденение крупнейших урановорудных районов мира всегда является заключительным звеном целой серии последовательно развивающихся процессов, происходящих в длительной истории эволюции рудовмещающих блоков и ведущих к направленной миграции и концентрации урана. Совокупность геологических явлений, осуществлявшихся в течение рудоподготовительного, дорудного активизационного и рудоформирующего этапов и определяет возможность образования в данном блоке крупных рудных объектов.

Созданная обобщающая историко-геологическая модель эндогенного уранового рудообразования была существенно уточнена и конкретизирована применительно к Восточным Саянам и другим районам южного обрамления Восточно-Сибирской плиты (Н.А. Гребенкин, В.М. Тюленева и др.).

И.Г. Минеевой в течение многих лет проводились исследования, посвященные проблемам уранового и золотого рудообразования в древних формациях. В этой многоплановой разработке обосновано фундаментальное значение палеорифтогенных структур в качестве первоосновы, определяющей весь последующий ход развития рудообразующих систем, включая фанерозойскую историю. Созданная эволюционно-геологическая модель рудообразования может служить научно-методической основой для оценки на уран, золото и сопутствующее оруденение районов развития древних комплексов.

В 1970–1980-е годы Р.В. Голевой на основе анализа и обобщения данных по ряду провинций СССР (Украинский щит, Сев. Казахстан) разработана прогнозно-поисковая концепция, позволяющая комплексно оце-

нивать перспективы рудоносных территорий с проявлениями гидротермальных процессов. В рамках этой концепции прогнозно-поисковые технологии включают методику картирования минеральных и геохимических ореолов гидротермальных ассоциаций разного ранга, что позволяет повысить достоверность прогнозов, нацеленных на выявление слабопроявленных и скрытых месторождений.

В течение многих лет К.Г. Королевым с сотрудниками (Г.В. Румянцева, Ю.М. Гуртовенко и др.) осуществлялось моделирование эндогенных гидротермальных процессов рудообразования, в результате которого было доказано, что в средне- и низкотемпературных гидротермальных условиях для осаждения урана из растворов необходимо восстановление его шестивалентной формы до четырехвалентной. Впервые в мире в гидротермальных условиях синтезированы аналоги природных титанатов и полный ряд кубических окислов — аналогов природного настурана состава $UO_{2,9}$, а также смоделирована метасоматическая зональность в процессе гидротермального инфильтрационного метасоматоза.

Значительный объем научно-исследовательских работ геолого-генетической направленности реализован и по *гидрогенному профилю*. Следуя генетической концепции историко-геологического рудообразования подобно эндогенной была разработана модель и для экзогенно-эпигенетических месторождений урана (Г.А. Машковцев, Я.М. Кисляков, А.К. Мигута, В.Н. Щеточкин). Показано, что для месторождений обоих классов — экзогенного и эндогенного, образование крупных рудных концентраций происходит по сходной схеме, охватывающей длительный рудоподготовительный этап, на котором формируются источники урана, сравнительно короткий этап рудообразования и продолжительный этап регенерации, консервации или разрушения оруденения. Анализ моделей позволил выделить ограниченные комплексы наиболее важных предпосылок формирования масштабных урановорудных объектов вне зависимости от типа руд, их состава и конкретных условий локализации.

Эволюционный подход был использован и при уточнении генезиса палеорусловых объектов Витимского района (Д.А. Прохоров, Г.А. Тарханова). Показано, что ураноносные северная и южная зоны формировались последовательно, сопровождая ассиметричное проявление конседиментационного тектогенеза: в раннем неогене оруденение формировалось на южном склоне поднятия в связи с активными эрозионно-аккумулятивными процессами, в позднем неогене — на северном, куда сместилось проявление соответствующих процессов. При этом установлено, что отложение рудного вещества первоначально происходило в виде гелеподобных образований, которые впоследствии раскристаллизовались до настурана или нингиоита.

В 2015 г. И.Г. Печенкиным (ВИМС) и Г.В. Грушевым (ВСЕГЕИ) была опубликована книга «Металлогения ураноносных осадочных бассейнов Евразии». В ней с позиций плитной тектоники рассмотрена связь круп-

ных и уникальных инфильтрационных месторождений урана Евразии с осадочными бассейнами. Обосновывается положение, что их металлогеническая специализация обусловлена коллизией и субдукцией плит, наступающих в мезозое и кайнозое на южные и восточные краевые части Евразийской плиты. Формирующаяся латеральная зональность специфична для каждого крупного блока земной коры, в пределах которого локализованы осадочные бассейны, вмещающие урановые месторождения, преимущественно тяготеющие к внешнему фронту коллизии.

Весомый вклад в науку о рудоносности осадочных комплексов, имеющий практическое значение, сделан Я.М. Кисляковым и В.Н. Щеточкиным, которыми в 2000 г. опубликована крупная монография «Гидрогенное рудообразование». В этой книге, основой которой послужили результаты длительного комплексного изучения многочисленных, в том числе урановых месторождений, рассмотрены главнейшие проблемы гидрогенного рудообразования — нового направления в учении о рудных месторождениях, возникшего на стыке традиционных методов рудной геологии с гидрогеологией, геохимией и литологией. Обсуждаются генетические вопросы — происхождение подземных вод, возможные источники рудного вещества, формы его переноса, пути транспортировки, причины и места рудоосаждения, дальнейший транзит и разгрузка отработанных растворов. Особое внимание уделено выяснению закономерностей размещения и условий формирования урановых, медно-полиметаллических, железорудных и марганцевых месторождений. Разработаны методологические аспекты прогнозирования гидрогенного оруденения, созданы основы комплексной оценки рудоносности осадочных бассейнов.

В 2010 г. вышла в свет объемная коллективная монографическая работа «Уран российских недр» (научный редактор Г.А. Машковцев). Монография охватывает широкий спектр вопросов: от свойств урана как химического элемента и условий формирования в земной коре его промышленных концентраций до методик прогноза, поисков, разведки и геолого-экономической оценки урановых месторождений, добычи и переработки уранового сырья и производства атомного топлива. В систематизированном виде подробно охарактеризованы 7 определившихся урановорудных и 14 ураноносных районов России и 204 содержащихся в их пределах месторождения. Разработаны эволюционно-геологические модели формирования урановых месторождений эндогенного и экзогенного классов, сформулированы принципы прогнозирования и опоскования районов с масштабным урановым оруденением.

В настоящее время проводятся специализированные прогнозно-металлогенические исследования с целью выделения локальных площадей для поисков. Обоснованы также в качестве перспективных на уран северные районы Енисейского кряжа и южные Буреинского массива.

По гидрогенному направлению выделены поисковые площади на позднеюрский палеорусловый тип в

районе Томь-Колыванского поднятия, которые реализуются в настоящее время на неогеновые ураноносные структуры на южном склоне Буреинского массива (Дальний Восток) и в северо-восточной части Байсыханского поднятия Витимского района (Бурятия) — Антасейская площадь, где прогнозируется существенное наращивание МСБ действующего предприятия ОАО «Хиагда».

В этот же период, с начала 2000-х годов для отраслевых НИИ Роснедрами были подготовлены новые задания по *методическому сопровождению ГРР*, в рамках которых по урановому направлению ВИМСом выполняется большой комплекс работ, в т.ч. по внедрению в поисковую практику современных достижений мирового сообщества. Институтом осуществляется согласование основных новых поисковых площадей, разработка технических заданий с определением целей и задач работ, методики их проведения, ожидаемых результатов, полевое методическое сопровождение поисков, подготовка заключений по полученным результатам с оценкой достоверности локализации прогнозных ресурсов и апробации их количественных параметров. В последние годы активно внедряются в поисковую практику новые технологии ГРР: после апробации беспилотной аэромагнитной и аэрогамма-съемок на Восточном Саяне с 2018 г. эти работы включены в три поисковых задания по урану, проводится активная проработка в натуральных условиях возможности применения детальной гравитки, малоглубинной сейсмики, изотопно-почвенного метода и других поверхностных геохимических методов выявления скрытых объектов.

У крупными геолого-экономическими исследованиями определена рентабельность освоения целого ряда ранее выявленных малых месторождений урана. Наиболее достоверная переоценка проведена (А.Д. Коноплевым и др.) для приповерхностных объектов Еравнинского района (Республика Бурятия) — Витлаусского, Талаканского и Щегловского, показавшая весьма высокую эффективность разработки карьером и кучным выщелачиванием урана и по существу открывающая новое направление в недропользовании с суммарной производительностью до 2–3 тыс. т металла в год при освоении месторождений в Алтае-Саянской области, Бурятии, Забайкалье и на Дальнем Востоке.

К 2000 годам сформировался существенный дефицит поисковых площадей на уран и в первую очередь на приповерхностные объекты, и поэтому основные перспективы развития МСБ связываются с выявлением скрытых объектов. В связи с этим институт в настоящее время *ведет активные исследования по разработке методов их обнаружения и создания на этой основе современных прогнозно-поисковых комплексов*, в том числе: разрабатывается методика создания объемных глубинно-геологических моделей на основе комплексирования площадных гравимагнитных съемок, отработанных в системе Каскад-3D, структурно-формационного анализа, данных наземных геофизических и геохимических исследований; методика использова-

ния малоглубинной сейсмики применительно к картированию ССН, поверхности погребенного фундамента вулкано-тектонических структур, ложа палеорусел, врезанных в кристаллическое основание; методика применения высокоточной гравитки для прослеживания локальных зон разуплотнения, связанных с интенсивным проявлением ураноносных гидротермальных процессов; разнотипных изотопно-почвенных методов, направленных на выявление и количественную оценку микрокомпонентов, накопленных за счет вертикальной миграции от рудных скоплений на глубине и целый ряд других. В ближайшей перспективе предусматривается апробация комплексов методов на эталонных и перспективных структурах с ожидаемым скрытым оруденением в разнотипных геологических и ландшафтных обстановках.

Несмотря на упоминавшиеся трудности, ВИМСом продолжалась *работы по прогнозу и поискам месторождений*.

В России наибольшей ураноносностью обладает территория Восточной Сибири и Дальнего Востока. Здесь расположены три базовых рудных района и сосредоточено около 95 % общих балансовых запасов урана страны, а также порядка 88 % ресурсов кат. P₃ и P₂ и 71 % кат. P₁ от суммарных российских ресурсов урана данных категорий [3, 6]. Это вполне естественно: в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке наиболее широко проявлены геологические обстановки, благоприятные для формирования уранового оруденения. В то же время в силу своих географических особенностей и слабости инфраструктуры эта огромная территория изучена недостаточно. Особое внимание здесь привлекает полоса южного обрамления Восточно-Сибирской плиты, сложенная древними допалеозойскими гранитизированными структурами, претерпевшими разновозрастную тектоно-магматическую активизацию рифтогенного типа [2]. Эта полоса протягивается на тысячи километров — от Енисейского кряжа на западе до Чарской глыбы на востоке и включает целый ряд районов, в каждом из которых выявлены очаговые проявления ТМА, сопровождавшиеся развитием гидротермально-метасоматических изменений, образованием эндогенных урановых месторождений и рудопоявлений. В этой полосе после 2000 г. и были в основном сосредоточены работы сотрудников ВИМСа.

В советское время ураноносность территории страны с поверхности была изучена достаточно хорошо и маловероятно, что какой-либо серьезный объект, выходящий на поверхность в виде руд или ореолов, мог быть пропущен. Но возможность наличия в столь благоприятной геологической обстановке скрытого — слепого или погребенного оруденения не вызывает сомнений. Крупные слепые месторождения известны и в Стрельцовском и в Эльконском рудных районах, и находили их далеко не сразу, а часто через много лет после начала освоения района. Однако выявление скрытого оруденения в новом районе является очень сложной задачей. Для ее решения необходимо созда-

вать модели ожидаемого оруденения, разрабатывать новые методики и поисковые технологии с учетом особенностей геологического строения и ландшафтно-геоморфологических обстановок, применять новейшую полевую и лабораторную аппаратуру. Но главное — для выявления скрытого оруденения необходимы значительные объемы геологоразведочных работ, прежде всего бурения: одиночными или мелкими скважинами такую задачу не решить.

В 2000-е годы в пределах обрамления Восточно-Сибирской плиты ВИМС проводил работы в Аkitканском и Чарском районах и на Шангулежской площади.

В Аkitканском районе с начала 2000-х годов работал крупный коллектив под руководством А.Д. Коноплева, одновременно с поисково-оценочными задачами решавший и методологические вопросы, связанные с глубинными поисками слепых месторождений (Н.А. Гребенкин, А.В. Курбатов, Н.В. Леденева, С.И. Мельников, А.Е. Толкачев, В.М. Тюленева, Б.Н. Шашорин и др.). Здесь выявлены и прослежены на площади и на глубину слабопроявленное и слепое урановое оруденение, аномальные зоны радиоактивности, рудоконтролирующие структуры, окolorудные метасоматиты; установлены закономерности локализации оруденения, его вещественный состав и возраст, уточнены геологическая позиция, модель формирования оруденения, его рудно-формационный тип, прогнозно-поисковые комплексы. Была дана авторская оценка прогнозных ресурсов урана. Сейчас работы в районе прекращены, но отсутствие в настоящее время находок приповерхностных промышленных объектов не снимает возможность выявления здесь скрытого или захороненного в ходе палеозойских блоковых перемещений масштабного уранового оруденения.

В Чарском районе в 2000-е годы велись поисковые и ревизионные работы силами производственных организаций с участием ВИМСа (Н.А. Гребенкин и др.). В результате было выявлено мелкое урановое месторождение Чепок, относимое к типу «несогласий», и ряд аналогичных ему рудопроявлений — Бухаровское, Новое, Мигматитовое, Фланговое, Узловое и др., локализованных в пределах гранито-гнейсовых куполов или крупных гранитных массивов. В северной части рудного поля заркартированы небольшие участки древней коры выветривания, на которой залегают останцы рифейских гравелитов и песчаников, что позволяет предполагать близость месторождения к поверхности предрифейского несогласия. Чарский район труднодоступен и недоизучен, работы в его пределах сейчас не ведутся, но перспективы выявления здесь новых, более крупных урановорудных объектов несомненны.

Наиболее интересной и перспективной на сегодня представляется Шангулежская площадь в Восточном Присяянье, где ВИМС (Н.А. Гребенкин и др.) вместе с геологами СФ «Березовгеология» ФГУПП «Урангео» работает в течение последних лет. В районе мелкого уранового месторождения Столбовое, относимого к объектам «несогласий» австралийского типа, невдале-

ке от границы с рифейским чехлом были выявлены «слепые» рудные жилы, в том числе с богатыми (до 1,5 %) урановорудными пересечениями, что подтверждает рудоперспективность района. Такие жилы будут рассматриваться в качестве эталонных объектов для проведения опытно-методических исследований с целью разработки рационального комплекса методов и методик выявления скрытых и слабо проявленных месторождений урана типа «несогласия» в Восточном Присяянье. В 2018 г. работы на Шангулежской площади будут продолжены [1].

Совместно с геологами «Урангео» и АО «Хиагда» велись исследования в Витимском рудном районе (Г.А. Тарханова, Д. Прохоров), где было выявлено и детально изучено месторождение Куларихтинское и выделена значительная по размеру Антасейская площадь, которая начнет опoисковываться в 2018 г.

В настоящее время развернуты обширные по площади прогнозно-минерагенические работы ВИМСа на уран и сопутствующие полезные ископаемые в южной части Сибири и Дальнего Востока, целью которых является выделение и обоснование поисковых площадей, в т.ч. на скрытые и перекрытые объекты. Кроме того, активно ведутся поисковые работы, в которых участвует институт на целом ряде площадей гидрогенного и эндогенного направлений.

Создание и развитие лабораторно-технологического комплекса

С начала формирования уранового направления в стране на институт было возложено создание и развитие лабораторно-технологического комплекса применительно к геологоразведочным работам [5].

В рамках *аналитического направления радиометрической аппаратуры и методы* начали разрабатываться в институте под руководством выдающегося ученого В.И. Баранова в 1944–1945 гг. Созданы поисковые гамма-приборы, позднее выпущены крутильные электрометры СГ-1М и СГ-2М, которые успешно применялись в лабораторной и поисковой радиометрии. В 1950-х годах создана методика гамма-опробования урановых руд в естественном залегании (В.Л. Шашкин и др.). В 1955 г. был разработан (А.Л. Якубович) сцинтилляционный прибор ПАУ-55 для определения урана, радия, тория и калия в полевых условиях, который стал базовой основой для создания современных гамма-спектрометров. Зарождение впервые в СССР и в мире *аэрогамма-спектрометрических методов и аппаратуры* для поисков урановых месторождений также связано с творческой деятельностью А.Л. Якубовича и его сотрудников. Работы этого направления в ВИМСе начались в 1946 г., но уже к концу 1947 г. была составлена первая в мире аэрогадметрическая карта на площадь в несколько тыс. км² в пределах Северного и Восточного горного обрамления Ферганской долины с выявленными аномалиями, рудопроявлениями и месторождениями. Начало 1950-х годов стало новым этапом развития аэрогеофизических технологий — специалистами лабораторий А.Л. Якубовича и Л.М. Шамовского, занимавшегося сцинтилляцион-

ными детекторами, был создан первый отечественный аэрогамма-спектрометр РС-ВИМС-53 (позднее АСГ-38), которые использовались для поисков урана, золота, тантала, ниобия и др.

Учитывая развитие аэропоисков и переход наземных радиометров с газонаполненных счетчиков на кристаллические детекторы кристаллохимической лабораторией Л.М. Шамовского была разработана технология выращивания кристаллов йодистого натрия, активированных таллием, и организовано их промышленное производство на Харьковском заводе химических реактивов, где был создан опытный «цех ВИМСа». По той же технологии было организовано изготовление детекторов на ПО «Хлор» (г. Усолье-Сибирское) и таким образом была решена важная проблема для геологической отрасли и атомной промышленности. В настоящее время в институте разрабатываются и производятся сцинтилляционные детекторы для поисково-разведочной геофизики, ядерной медицины, космических исследований и для других отраслей науки и техники.

В ВИМСе в 1950-е годы были разработаны основы *эманационного метода* поисков урана, который позднее, уже в 1970–1980-е годы стал базой для создания эманационно-трекового метода, получившего широкое применение в геологических полевых организациях Первого Главка.

В 1960-х годах для поисков радиоактивного сырья в институте была разработана методика гелиевой съемки, которая для первоначального определения задачи оказалась непригодной, но в то же время оказалась оперативным и достоверным средством для картирования активизированных разломов земной коры. Методика зарегистрирована в 1969 г. как научное открытие «Закономерность распределения концентраций гелия в земной коре» (А.Н. Еремеев, Ю.Г. Осипов и др.) и до настоящего времени используется для оценки состояния помпонов захоронения отходов, подземных газохранилищ, для выбора площадок при строительстве новых АЭС, плотин, прогноза землетрясений.

Крупным направлением в деятельности ВИМСа явилась разработка и внедрение в практику *геохимических радиоизотопных методов*. Радиоизотопной лабораторией под руководством В.И. Малышева был создан целый комплекс методов и методических рекомендаций по их использованию при поисках и оценке месторождений радиоактивного сырья, в геохронологии, изучении процессов рудообразования и других исследований.

С 1986 г. В.И. Малышев с сотрудниками включился в программу по обследованию радиоэкологического загрязнения искусственными радиоизотопами «Брянского следа» загрязненных территорий вблизи ПО «Маяк», за что был награжден орденом «За личное мужество». В лаборатории создан один из эффективных для поисков урана скрытых месторождений изотопно-почвенный метод (ИПМ), основанный на анализе соотношений концентраций в представительном почвенном горизонте ^{210}Pb и ^{210}Po , определяемых на

разработанных специальных низкофоновых альфа-бета-радиометрах. ИПМ, глубинность которого составляет 200–500 м, прошел апробацию на ураноносных площадях Украины, Карелии, Якутии, Казахстана. В настоящее время используется в поисковом комплексе на Восточном Саяне, Бурятии, на юге Западной Сибири.

Дальнейшее развитие радиоизотопных технологий поисков скрытых урановых объектов связано с использованием прецизионной аппаратуры, радиоизотопной геохимии и комплексной интерпретации данных различных методов.

Также с 1943 г. в ВИМСе были начаты исследования по разработке *аналитических методов изучения уранового сырья*. Уже к началу 1944 г. был предложен экспрессный пироксид-колориметрический метод (В.М. Звенигородский) для определения урана в диапазоне содержаний $n \cdot 10^{-3}$ – $n \cdot 10^{-1}$ %. Позднее был внедрен фотоколориметрический и полярографический (В.Г. Сечеванов и др.), а также трилоно-фосфатно-пироксидный (В.И. Титов и др.), получивший широкое распространение в отрасли. В 1955 г. для определения низких содержаний урана был разработан широко применявшийся впоследствии люминесцентный метод (П.И. Васильев, Р.Л. Подвальная), в конце 1960-х годов — прецизионный ванадатометрический метод для определения концентраций урана в широком диапазоне (В.Г. Сочеванов и др.), который стал один из основных в лабораторно-аналитической практике.

Новое слово в 1960-х годах связано с использованием в урановой аналитике спектрального полуколичественного метода, который был существенно усовершенствован в институте в 1980-х годах с доведением его до количественного (А.К. Русанов, В.Н. Аполицкий). Однако по настоящему революционным достижением стал разработанный известным ученым, сотрудником ВИМСа Ю.В. Вульфом, рентгеноспектральный флуоресцентный метод, который на многие годы, вплоть до настоящего времени, стал ведущим количественным методом по определению урана и целого ряда сопутствующих металлов — молибдена, вольфрама, свинца и др., особенно с учетом использования серийно производимых НПО «Буревестник» анализаторов типа АРФ. Этот метод, рожденный в институте, многие годы совершенствовался, создавались методики его использования и интерпретации результатов (С.В. Кордюков, В.А. Симаков и др.), и поэтому он остается современным и востребованным. В настоящее время рентгеноспектральный метод дополняется масс-спектральным и атомно-эмиссионным с индуктивно связанной плазмой, тем самым обеспечивая урановую аналитику возможностью определения более 60 элементов в широком интервале содержаний от 10^{-7} до $n \cdot 10$ %.

Прямое отношение к урановой проблематике имело *создание лабораторной радиометрической аппаратуры и развитие изотопных методов исследований*, которые зародились в институте во второй половине 1940-х годов под руководством В.И. Баранова, А.Л. Якубовича,

В.В. Шашкина и др. Здесь был разработан количественный бета-гамма-метод с использованием газонаполненных счетчиков, позднее — первый отечественный сцинтилляционный анализатор ВИМС-52 (в заводском исполнении ЛАС), альфа-сцинтилляционная аппаратура РАЛ-1 и Альфа-1 и целый ряд других. Производство аппаратуры сопровождалось созданием стандартных образцов и методических разработок по ее использованию, а в 1968 г. было издано практическое руководство по радиометрическим методам анализа (Е.И. Железнова, И.П. Шумилин, Б.Я. Юфа).

Активно разрабатывались нейтронно-абсорбционный и нейтронно-активационный методы (Г.В. Остроумов и др.), методы определения возраста руд, пород и минералов, в частности, В.И. Малышевым и Л.В. Суминым был разработан термоизохронный метод, который используется до настоящего времени.

В ВИМСе разработана целая серия *радиографических методов* изучения выделений радиоактивных элементов в образцах — автордиография, микро-радиография, осколковая (f)-радиография (В.И. Малышев, Л.А. Березина, Е.И. Железнова и др.), без использования которых не обходится ни один геолог и минералог, занимающиеся урановой геологией. С середины 1950-х годов по инициативе В.Г. Мелкова в ВИМСе начаты исследования по разработке и использованию в геохимической практике радиоизотопных методов. Коллективом специалистов (В.И. Малышев, З.А. Соколов, А.Е. Бахур, Л.И. Мануилова и др.) создана методика определения соотношений урана, тория, радия из одной пробы с содержанием от единиц до тысячных долей процента, разработан комплект из более 50 нормативно-методических документов по определению суммарных альфа- и бета-активностей радиоактивных изотопов U, Th, Ra, Pb, Po, Pu, Am, Cm, Sr, Cz. В последние годы создана и аттестована методика измерений соотношений U^{234}/U^{238} в пробах закиси/окси (U_3O_8) и продуктивных растворах ПВ, методика определения изотопов радия в жидких пробах, методика гамма-спектрометрического инструментального измерения удельной активности U^{238} , Ra^{226} и определения коэффициента радиоактивного равновесия в рудных пробах, новая, не имеющая мировых аналогов экспрессная и высокоточная методика альфа-спектрометрического определения изотопов урана с использованием спонтанного осаждения урана в радиохимически чистом виде.

Таким образом, с конца 1940-х годов по настоящее время в ВИМСе заложены и развиваются основы лабораторно-аналитического и полевого обеспечения ГРП на уран, включая разработку и создание новой аппаратуры, методик измерений, системы контроля качества и метрологии, что в целом определяет ведущее значение института в отрасли по радиометрическим и радиоизотопным методам исследования минерального сырья.

Минералогическое изучение уранового сырья также началось с 1940-х годов по широкому комплексу методов в рамках целого ряда специализированных лаборато-

рий — оптической, кристаллофизической и целого ряда других. Наиболее специфическими и необходимыми применительно к урану получили развитие люминесцентные, рентгенографические методы, методы инфракрасной и электронной микроскопии, электронно-зондовый и термический анализ, электронно-парамагнитный резонанс.

В конце 1940-х годов В.Г. Мелков разработал первые рекомендации по использованию *фотолюминесценции* в поисковых работах на уран. Для этого метода были созданы в институте компактные переносимые приборы (М.И. Чаплыгин) и соответствующие методические рекомендации (С.А. Горжевская, В.Г. Круглова). Для качественного определения урана широко использовался разработанный в ВИМСе перлово-люминесцентный анализ, а для его использования промышленностью серийно выпускалась полевая люминесцентная лаборатория (ПЛЛ). Для точной диагностики люминесцирующих минералов и генетической интерпретации регистрируемых эффектов Л.М. Шамовским в 1960-х годах было создано новое научно-прикладное направление — люминесцентная спектроскопия. На ее научно-методической основе группой специалистов под руководством Б.С. Горобца и А.А. Рогожина были изучены спектры люминесценции обширнейшей группы минералов, результаты этих исследований были опубликованы в книге «Атлас спектров люминесцирующих минералов», в т.ч. тонкодисперсных, проведение качественного и количественного определения минерального состава руд и горных пород. С помощью рентгенографии в институте открыто большое количество новых урановых минералов, что отражено в «Рентгенометрическом определителе урановых и урансодержащих минералов» (Г.А. Сидоренко). Первыми были изучены кристаллические структуры фосфоуранотила, бета-уранотила, франспиллита и целого ряда других урановых минералов и в целом позволило создать для них полную кристаллохимическую классификацию. Для изучения сложных и тонкодисперсных минеральных агрегатов в последние годы создан и активно развивается в ВИМСе метод рентгеновской микротомографии (О.Я. Якушина). В существенной мере дополняют радиографию *методы инфракрасной спектроскопии* (Л.С. Солнцева) при изучении рентгеноаморфного вещества и проведении фазового анализа, особенно вторичной урановой минерализации. Наиболее надежные результаты получены при диагностике и исследовании урановых слюдок, гидронастурана, ураноносных углеродистых минеральных образований, глинистых гидротермальных новообразований, сопровождающих урановое оруденение.

С начала 1960-х годов в ВИМСе впервые в отрасли начаты и получили активное развитие *электронно-микроскопические исследования вещества* (И.А. Пудовкина, В.Т. Дубинчук). Наиболее значимые результаты были получены при исследовании и диагностике ультрадисперсных и рассеянных выделений урана. Для повышения эффективности метода в лаборатории

была разработана методика электронно-микроскопической автордиографии. Использование электронной микроскопии за более чем 50-летнюю историю позволило решить целый ряд тонких минералогических и генетических вопросов для практически всех геолого-генетических, рудноформационных и геолого-промышленных типов урановых месторождений России и СССР в целом, создав методические основы ее применения, до сегодняшнего дня активно востребованные российским геологическим сообществом и специалистами СНГ. Существенный вклад электронная микроскопия вносит в определение наиболее оптимальных технологий переработки тонкодисперсных руд, в частности, в настоящее время исследуются этим методом формы нахождения, распределения, возможности обогащения и глубокой переработки молодого уранового оруденения, минерализация которого рассредоточена в современных почвах в связи с их органическим веществом растительного происхождения. Важную роль электронная микроскопия вместе с другими прецизионными минералогическими методами играет при расшифровке распределения и происхождения урановых концентраций в рудах и рудовмещающих породах проявлений типа «несогласия», изучаемых и прогнозируемых в районах Южной Сибири.

В физической лаборатории института с 1961 г. начались и последовательно активно развивались в рамках физики твердого тела радиоспектральные методы исследования вещества: ядерно-магнитный резонанс (ЯМР), электронно-парамагнитный резонанс (ЭПР), ядерно-гамма резонанс (ЯГР) и некоторые другие (Н.А. Смольков, Б.М. Моисеев). Наиболее востребованным в урановой геологии является метод ЭПР, который в поисковой и научно-исследовательской практике получил название метод РД — радиационных дефектов в структурной решетке кварца и флюорита, возникающих под воздействием дозы радиационного облучения от урановой и ториевой минерализации. На этом явлении разработан запатентованный (2001 г.) палеодозиметрический метод поиска месторождений урана. Метод РД позволяет установить участки нахождения бывших скоплений урановых руд (экзогенных и эндогенных), разрушенных и смещенных в геологическом пространстве поздними, преимущественно гипергенными процессами. Важнейшее значение этот метод имеет при исследовании генезиса урановых проявлений при локальном прогнозе и поисках месторождений, в т.ч. скрытых и перекрытых молодыми осадками.

Таким образом, широкий комплекс минералогических исследований в области геологии урана зародился в ВИМСе и получил активное развитие и широкое использование среди организаций Мингео СССР, Минприроды, Минсредмаша, Росатома, Роснедр и целого ряда других ведомств. Однако и в настоящее время институт остается признанным лидером в этом направлении, совершенствуя известные и создавая новые методы, апробируя на научном совете по минералогическим исследованиям (НСОММИ) но-

вые методики, проводя семинары, школы и межотраслевые совещания по актуальным вопросам минералогии.

Технологии радиометрического обогащения и переработки урановых руд

Первые работы по радиометрическому обогащению руд проведены в 1947 г. (З.В. Волкова, Т.И. Людовской, Г.Р. Гольбек). В дальнейшем эти исследования проводились под руководством В.А. Мокроусова с созданием технологии крупнопорционной сортировки в транспортных емкостях с разделением на богатые рядовые руды и пустую породу, и технологии радиометрической сепарации рядовой руды в покусковом, порционном или поточном режиме. Позднее были решены задачи по созданию новых методов радиометрического обогащения — рентгенорадиометрического, нейтронно-абсорбционного, радиорезонансного, фотоабсорбционного, лазернолюминисцентного и других, пригодных для сортировки и сепарации целого ряда и неурановых ТПИ. За десятки лет ВИМСом с 1951 г. проведены исследования по обогатимости урановых руд более 50 месторождений, которые показали возможность выделения при необходимой контрастности бедных хвостов с содержанием урана 0,01–0,015 %, что соответствовало хвостам гидрометаллургического передела. В ходе разработки промышленного способа радиометрического обогащения в институте были созданы эффективные, высокопроизводительные многоканальные радиометрические сепараторы, которые стали основными на первых обогатительных фабриках. В дальнейшем в соответствии с постановлением Правительства научно-исследовательские и опытно-промышленные работы по переработке уранового сырья были переданы ВНИИ химической технологии Средмаша. Однако аппаратные разработки ВИМСа были использованы при создании РОФ на новых объектах и при создании нового поколения аппаратуры, которое развивало ОАО «СибРодос» и ПАО «Приаргунский горно-химический комбинат».

Технологическое изучение и оценка уранового сырья активно стали развиваться в 1943 г., используя первые опыты промышленной переработки карнатитовых руд Тюямуюнского месторождения в Средней Азии с разделением выхода продукции на уран, радий и ванадий (В.А. Зильберминц, И.Я. Башилов). Впоследствии в начале 1950-х годов под руководством И.В. Шманенкова и Л.В. Зверева были изучены более 15 месторождений, у которых были определены основные технологические, в основном гидрометаллургические способы переработки руд. Позднее, в связи с разворотом собственно разведочных работ Первого Главка Мингео СССР, круг исследуемых объектов стал стремительно увеличиваться и достиг 130 объектов различных геолого-промышленных типов, требующих специфического технологического подхода. В перечне объектов железо-урановые месторождения Украины, прибалтийские уран-редкоземельные сланцы, настуран-уранинитовые жильно-штоковерковые Сибири и

Казахстана, уран-фосфорные Северного Казахстана, уран-редкоземельно-фосфорные Прикаспия и Калмыкии и др. Большой группой руководителей и ведущих специалистов — М.А. Эгелес, Л.А. Грекулова, Н.М. Собинякова, Н.Н. Смирнова, Н.В. Петрова, С.И. Ануфриева, Е.Г. Лихникевич и мощным коллективом технологического отдела для каждого месторождения определенного геолого-промышленного типа разработаны оптимальные технологические решения — наряду с традиционным гидрометаллургическим, применены флотационные, флотационно-гидрометаллургические, известково-пироксидный, сернокислотно-сорбционный пироксидный, бактериальный и широкий спектр других, оснащенных целым рядом нестандартных приемов. Этими разработками ВИМСа дана путевка в эффективное освоение большинству ныне разрабатываемых объектов, хотя промышленную версию технологии переработки создавал и внедрял в производство головной институт Минсредмаша ВНИИпромтехнологии (ВНИИХТ). Дальнейшее развитие технологических исследований связано с разработкой новых подходов для обогащения и переработки бедных и комплексных, часто упорных руд, резервных урановых месторождений — уникального по запасам объектов Эльконского района, мелких месторождений юга Сибири и Дальнего Востока, с использованием современных нестандартных заводских и геотехнологических (КВ, СПВ, БПВ), обеспечаивающих их эффективное технологическое и экономическое освоение при современной конъюнктуре уранового сырья. Другой не менее важной задачей является технологическая оценка вновь выявляемых и оцениваемых объектов, обеспечаивающих технико-экономическое обоснование их разработки.

Таким образом, широкий комплекс лабораторно-аналитических, минералогических и технологических исследований ВИМСа, создаваемых с середины 1940-х годов и активно совершенствуемых до сегодняшнего времени, стал базовой основой развития отечественной урановой геологии.

Научно-организационная деятельность

С 1940-х годов по настоящее время ВИМС являлся и остается сейчас головным научно-исследовательским институтом страны по геологии урана. Но в СССР в этой области работали многие организации — такие, как институты Мингео — ВСЕГЕИ, ВИРГ, ВСЕГИНГЕО, ЗабНИИ, ДВИМС и других ведомств — ВНИИХТ Минсредмаша, ИГЕМ РАН, ГЕОХИ РАН, ИГиГ СО РАН, ИГФМ АН Украины, институт геологии АН Киргизии, а также группы высших учебных заведений — бывшего МИЦМиЗ, МГРИ, ЛГИ, Свердловского и Томского политехнических институтов и др. В ряде случаев на рудных объектах собиралось до десятка исследовательских групп. В связи с этим для наиболее эффективного и согласованного решения важнейших научных и технических проблем в области геологии урана при ВИМСе как головном институте в 1960 г. был создан межведомственный Координационный научно-технический совет по геологии урана

(КНТС), в состав которого вошли представители всех институтов, организаций и ведомств, занимающихся урановым сырьем. В задачи КНТС входило рассмотрение основных направлений исследований НИИ, программ и результатов исследований по важнейшим проблемам, годовых планов научно-исследовательских работ институтов, координация этих планов и их взаимоувязка с задачами производственных организаций. Приоритетными направлениями деятельности совета всегда являлись воспроизводство и расширение сырьевой базы урана как в районах действующих и строящихся предприятий, так и на новых рудоперспективных территориях, усовершенствование методики и техники прогноза, поисков и разведки месторождений урана, оценка перспектив выявления новых объектов и типов руд. Председателями КНТС в разные годы были А.Д. Ершов, В.И. Кузьменко, А.Н. Еремеев, ученым секретарем В.И. Волков. С 1994 г. Координационный совет возглавляется директором ВИМСа профессором Г.А. Машковцевым. Совет действует и в настоящее время, но собирается редко в связи с сокращением объема геологоразведочных работ. Однако именно сегодня, когда необходимо создание новых научных, методических и технических средств для выявления и оценки скрытых урановых объектов, его деятельность должна быть существенно активизирована.

Большое значение для всей отрасли имеет *информационная и издательская деятельность ВИМСа*. В 1966 г. КНТС возложил на ВИМС обеспечение научно-технической информацией о достижениях науки и практики в области геологии урановых месторождений и технологии уранового сырья всех заинтересованных организаций. С этого же года начался выпуск первого Информационного бюллетеня по материалам КНТС (главный редактор В.И. Кузьменко, заместитель — И.Н. Зубрев), а в 1968 г. организуется сектор технической информации по урану (заведующий И.В. Митрофанов), перед которым была поставлена задача информационного обслуживания сотрудников 110 организаций Министерства геологии СССР и других ведомств, институтов Академии наук СССР и союзных республик, вузов, занятых проблемами поисков и изучения урановых месторождений. Ежегодно обслуживалось до 2000 абонентов. Были созданы четыре информационных издания: два реферативно-библиографических бюллетеня, сборник переводов и аналитических обзоров по зарубежной литературе и экспресс-информация по наиболее интересным публикациям. С 1968 г. группа А.О. Смилкстын начала систематический выпуск экономических и научно-тематических обзоров, освещавших новые направления исследований за рубежом и позволявших эффективно внедрять зарубежный опыт в практику работы научных и производственных организаций страны.

Параллельно осуществлялась научно-издательская деятельность, так как сектор являлся главным в стране центром издания научной литературы по радиоактивному сырью. До 1998 г. сотрудниками сектора (заведу-

ющий В.И. Гаврилин) ежегодно подготавливалось четыре сборника научных статей и четыре работы монографического плана, поступающих из различных научно-исследовательских и производственных организаций. Только за 1968–1989 гг. вышли в свет более 120 сборников «Геология урана», включавших около 1400 статей. Было издано также 40 научных работ и методических инструкций, в числе которых крупные научные монографии, посвященные решению ряда теоретических вопросов генезиса и закономерностей размещения урановых месторождений. В 1969 г. название сборника было изменено на Информационный сборник КНТС «Материалы по геологии урановых месторождений».

С 1998 г. возобновился выпуск ежегодного журнала «Минеральное сырье» и его малой геолого-экономической серии, а с 2006 г. начал осуществляться выпуск новой малой серии — методической.

Всего с начала деятельности сектора и по настоящий момент подготовлено и издано более 500 книг, в том числе атласы «Уран России» и «Уран стран СНГ», карты «Уран России», монографии, номера регулярного издаваемого журнала и его геолого-экономической и методической серий, 160 информационных сборников КНТС, реферативные указатели по урановому, редкометалльному и редкоземельному сырью.

Работы этого направления осуществляются коллективом редакционно-издательского сектора института (заведующая Н.Г. Беляевская). Возглавляет редакционно-издательскую деятельность генеральный директор ВИМСа Г.А. Машковцев, курирует — заместитель генерального директора по научно-информационной деятельности И.Г. Печенкин.

ВИМС постоянно осуществлял научно-методическую кураторскую деятельность, сопровождающую геологоразведочные работы на уран. Согласно приказам Министра геологии научными кураторами различных экспедиций ПГГУ являлись ведущие сотрудники института — В.Г. Мелков, Я.Д. Готман, Е.М. Шмариович, Р.Ф. Данковцев, А.К. Мигута, А.С. Столяров, Е.А. Головин, А.К. Прусс. Б.Г. Самсонов курировал гидрогеологические работы, Г.А. Тарханова — минералогические исследования.

В ВИМСе с 1940-х годов осуществлялась *подготовка кадров высшей квалификации*. Первый специальный Ученый Совет ВИМСа с правом приема к защите докторских и кандидатских диссертаций по урановой тематике в закрытом порядке был утвержден приказом ВАК СССР в 1944 г. Ученому Совету было разрешено присуждать на основании защиты ученую степень кандидата наук и представлять к ученой степени доктора наук по специальностям: «Полезные ископаемые, методика разведки месторождений полезных ископаемых» (геолого-минералогические науки) и «Методы изучения состава и свойств минерального сырья, технология минерального сырья» (технические науки).

Закрытый Ученый Совет по урановой тематике существовал в ВИМСе 55 лет до 1999 г. В его состав

всегда входили выдающиеся ученые, крупнейшие организаторы науки. Первый состав Ученого Совета возглавил директор ВИМСа профессор И.В. Шманенков, которого в 1950 г. сменил новый директор института, кандидат геолого-минералогических наук А.Д. Ершов. Под председательством А.Д. Ершова Ученый Совет по урану проработал свыше 20 лет. В 1971 г. его возглавил директор ВИМСа, доктор геолого-минералогических наук А.Н. Еремеев, а ученым секретарем стала кандидат геолого-минералогических наук И.Г. Минеева. Закрытый Ученый Совет ВИМСа по урану под руководством А.Н. Еремеева проработал 28 лет до 1999 г. К этому времени с диссертационных работ по урановой тематике был снят гриф секретности и с 2000 г. кандидатские и докторские диссертации по этой тематике стали рассматриваться на открытом Ученом Совете ВИМСа, возглавляемом директором ВИМСа, доктором геолого-минералогических наук, профессором Г.А. Машковцевым с ученым секретарем, кандидатом геолого-минералогических наук Т.Н. Шуригой, а с 2006 г. — доктором геолого-минералогических наук И.Г. Луговской.

На закрытом Ученом Совете ВИМСа в разные годы защитили докторские диссертации специалисты института, работы которых внесли выдающийся вклад в понимание условий уранового рудообразования, становление и развитие новых научных направлений в изучении геологии урана и в создании минерально-сырьевой базы атомного сырья в нашей стране: В.В. Щербина, Е.М. Шмариович, В.И. Малышев, А.К. Мигута, И.С. Модников, Р.Ф. Данковцев, В.Н. Щеточкин, Я.М. Кисляков, Г.А. Сидоренко, В.Т. Дубинчук, А.В. Коченов, В.А. Грабовников и др. На закрытом Совете ВИМСа защищали докторские диссертации ученые из других научных и производственных организаций — И.П. Кушнарев и Б.А. Рыбалов (Экспедиция №1 ИГЕМ АН СССР), А.В. Тарханов (ВНИИХТ), В.П. Рогова (Сосновское ПГО).

За 70 лет закрытый, а с 1999 г. открытый Ученый совет ВИМСа подготовил среди сотрудников НИИ и работников производственных организаций большое число ученых высокой и высшей квалификации, способных и в дальнейшем решать задачи по восполнению и совершенствованию сырьевой базы урана. Всего за эти 70 лет защищено 210 кандидатских и 40 докторских диссертаций. Пик защит кандидатских диссертаций по геолого-минералогическим наукам приходится на 1950–1970-е годы, докторских на 1970–1990-е годы.

ВИМС в 2000-е годы продолжил традицию обсуждения актуальных проблем урановой геологии на крупных международных и ведомственных форумах. В это время институтом было организовано и успешно проведено четыре международных симпозиума — в 2000, 2008, 2013 и 2017 гг. с общим названием «Уран. Геология, ресурсы, производство», на которых было заслушано большое количество научных докладов и сообщений как российских, так и зарубежных специалистов.

Заключение

За последние четверть века урановая геологическая и горно-добычная отрасли существенно сократились. На территории России в настоящее время геологоразведочными работами занимаются лишь три производственно-геологических объединения, входящие в структуру Урангео — правопреемника знаменитого Первого Главка. Существенно сократился объем поисковых работ на уран и соответственно количество площадей на рудоперспективных обширных территориях юга Сибири и Дальнего Востока, где проводятся ГРР. За этот период не выявлено ни одного крупного уранового объекта, заслуживающего организации и деятельности нового горнодобычного производства. Причины этого связаны с исчерпанием фонда легко открываемых приповерхностных месторождений, низким финансированием и соответственно незначительным охватом опосредования крупных перспективных территорий. При этом главный резерв расширения МСБ урана — структуры со скрытыми объектами, практически не изучаются в связи с отсутствием методики проведения прогнозных и поисковых работ этого направления и необходимостью существенного увеличения средств на глубинное картирование и оценку месторождений. Существенно сократился и контингент научных работников уранового профиля — небольшие специализированные подразделения сохранились лишь в ВИМСе и ВСЕГЕИ, а также в ИГЕМ РАН.

В то же время состояние МСБ урана и его потребления в перспективе диктует необходимость существенного развития геологоразведочных работ по поиску новых объектов и технологических исследований по резервным месторождениям с целью их подготовки к эффективному освоению. В настоящее время Россия обладает значительной в количественном отношении МСБ урана, однако по качеству руд лишь незначительная часть запасов (8–9 %) отвечает современным экономическим параметрам (менее 80 долл. США за кг), которые связаны с двумя районами с гидрогенными объектами — Витимским и Зауральским.

Производство урана осуществляется тремя предприятиями — ОАО «Приаргунский ГХК» (Стрельцовское рудное поле), ОАО «Хиагда» (Витимский р-н) и ОАО «Далур» (Зауральский р-н) и суммарно составляет около 3 тыс. т в год [4]. Порядка 4,5 тыс. т добывается скважинным подземным выщелачиванием на совместных предприятиях в Республике Казахстан. Общий объем производства урана (около 7,5 тыс. т) обеспечивает лишь часть внутренних и экспортных его потребностей, составляющих по оценкам экспертов порядка 18–20 тыс. т в год, дефицит сырья покрывается вторичными ресурсами металла. Однако последние в перспективе будут существенно сработаны и уже после 2035 г. может возникнуть существенный дефицит минерального сырья. В соответствии с этим уже в настоящее время необходимо активное развитие всего комплекса работ по расширению и подготовке МСБ к освоению, в которых важную роль должны сыграть НИИ, в том числе ВИМС.

Одной из актуальных задач является разработка современных технологий добычи и переработки минерального сырья, в т.ч. бедных, рядовых и комплексных руд. При этом первостепенное значение вероятно должны иметь геотехнологические (физико-химические) методы, в т.ч. кучное, блочное и скважинное выщелачивание с возможным извлечением не только урана, но и попутных компонентов. В этом отношении практический интерес представляет радиометрическая сортировка руд с выделением оптимальных для КВ и заводской технологии сортов, подготовка сырья для КВ с определением размера куски для скальных разновидностей и агломерации для глинисто-алевролитовых, выделение и подготовка забалансовых запасов и бедных рудных тел для блочного выщелачивания, разработка комбинированных технологий добычи руд в скальных породах, включающих карьерную отработку, блочное и скважинное выщелачивание.

Важнейшей задачей для отраслевой, академической и вузовской науки является создание современного комплекса методов по прогнозированию, поискам, оценке и разведке урановых месторождений, в том числе локализованных в нестандартных геологических обстановках и имеющих скрытый характер. В частности, необходимы методологии и методики разработки на основе геофизических, геохимических, структурно-формационных и других данных объемных моделей рудоперспективных объектов различного ранга — районов, узлов, полей и месторождений, которые должны явиться основой для проведения прогнозных и поисковых работ. Необходимо также развитие беспилотных технологий геофизических исследований, показавших усилиями «Геотехнологий Сибири» и ВИМСа высокую эффективность применения на детальных поисковых площадях. Требуется совершенствование наземных геофизических исследований, в том числе: малоглубинной сейсморазведки, надежно «отбивающей» поверхность кристаллического основания в пределах рудоперспективных вулcano-тектонических структур и непосредственно поверхность структурно-стратиграфических несогласий, также имеющих рудоконтролирующее значение, высокоточной гравимики, позволяющей намечать локальные участки разуплотнения пород — очаги объемного проявления гидротермальных, в т.ч. ураноносных процессов, многих других геофизических технологий, при комплексном применении которых возможно томографическое отображение ураноносных глубинно-геологических обстановок.

Необходимо усиление научно-исследовательских и опытно-методических работ по совершенствованию геохимических технологий. Требуется разработка современных методов интерпретации зональных первичных геохимических ореолов, позволяющих через изучение и оценку их внешних безрудных зон наметить участки рудоносной зональности. В последние годы широкое распространение в мировом геологическом сообществе получили изотопно-почвенные технологии, позволяющие при изучении геохимических аномалий, в почвах

намечать скрытые рудные объекты, являющиеся источниками восходящей миграции подвижных элементов. Эти методы безусловно требуют активного развития на территории России и создания методических рекомендаций по их применению в разнотипных геологических и ландшафтных обстановках.

Наиважнейшей задачей НИИ и ВИМСа в частности является выделение и обоснование перспективных на уран структур различного ранга. В настоящее время институтом ведутся прогнозно-аналитические работы мелкого масштаба на обширных территориях южной части Сибири с целью выделения потенциальных урановорудных районов и узлов, которые являются базовыми для развития поисковых работ. В анализ вовлекается весь объем региональных и детальных материалов, включая и данные поисковой изученности.

Однако для эффективного решения этой задачи необходимо также развитие научных основ прогнозирования, включающее глубинно-геологические, историко-геологические, геодинамические и другие факторы рудогенеза.

За 75 лет ВИМС провел огромную работу по созданию мощной минерально-сырьевой базы урана Советского Союза и России. При его непосредственном участии были открыты и изучены крупнейшие урановорудные районы, по характеру и масштабам оруденения не имеющие аналогов в мировой практике. Его сотрудники — геологи, минералоги, литологи, геохимики, геофизики, гидрогеологи, аналитики, технологи работали практически на всех урановых объектах страны. Среди вимсовцев, работавших по урановой тематике, 7 Заслуженных деятелей науки и техники России, 11 Заслуженных геологов России, 19 лауреатов Ленинской и Государственной премий, 32 Почетных разведчика недр.

Сейчас для урановой геологии не лучшие времена, но история на этом не заканчивается. В 2018 г. планируются работы по Госконтрактам на пяти перспективных площадях. В 2018–2020 гг. отдел урана, редких металлов и горючих ТПИ должен участвовать в выполнении многочисленных мероприятий по урановой тематике в утвержденном Роснедрами Госзадании, формулируемом как «Проведение экспертных исследований и подготовка сводных информационно-аналитических материалов по результатам мониторинга мировых достижений и тенденций развития методов, техники и технологий прогноза, поисков, оценки, разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых, добычи и переработки минерального сырья; оценка перспектив их применения в отечественной практике».

Таким образом, оставаясь головным НИИ по урану, как и прежде, ВИМС продолжает разноплановые исследования, направленные на эффективное развитие ГРП и на совершенствование МСБ урана России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтунин, О.В. Итоги геологоразведочных работ на уран за 2016 г. и перспективы их развития на среднесрочную перспективу / О.В. Алтунин, Н.А. Гребенкин // Матер. по геологии м-ний урана, редких и редкоземельных металлов, Вып. 160. — М.: ВИМС, 2017. — С. 6–15.

2. Машковцев, Г.А. Первоочередные задачи и современные технологии геологоразведочных работ на уран / Г.А. Машковцев, О.В. Алтунин, Н.А. Гребенкин и др. // Разведка и охрана недр. — 2017. — № 11. — С. 8–22.
3. Мигута, А.К. Прогнозные ресурсы урана России / А.К. Мигута, В.Н. Щеточкин // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 7. — С. 7–14.
4. Святецкий, В.С. Уранодобывающая отрасль России: состояние и перспективы развития / В.С. Святецкий, С.В. Полонянкина, А.Г. Ермаков // Разведка и охрана недр. — 2017. — № 11. — С. 22–26.
5. Урановой геологии ВИМСа — 70 лет. — М.: РИС. ВИМС, 2013. — 160 с.
6. Урановорудный потенциал России. 2015–2035. // Минеральное сырье. — 2017. — № 33. — С. 118.

© Машковцев Г.А., Мигута А.К., Щеточкин В.Н., 2018

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

УДК 553.495:553.078+551.72(571.1/5)

Гребенкин Н.А., Мельников С.И. (ФГБУ «ВИМС»)

УРАНОНОСНОСТЬ И МЕТАЛЛОГЕНИЯ ПОЗДНЕГО ДОКЕМБРИЯ ЮЖНО-СИБИРСКОЙ МЕГАЗОНЫ

*Анализ металлогении позднего докембрия перспективной на уран Южно-Сибирской мегазоны показал, что образование рифейских гидротермальных месторождений U, Pb, Zn, Cu, Mn, Co, Ni и Fe происходило близко по времени с неоднократным проявлением магматизма основного состава. Урановые объекты формировались в пределах гранито-гнейсовых поднятий и их обрамлений, сложенных геохимически специализированными на уран породами. В свою очередь, в рифейских депрессионных структурах, заложенных на метаморфическом основании, возникли месторождения Pb, Zn, Cu, Mn, Co, Ni и Fe. **Ключевые слова:** уран, металлогения, Южно-Сибирская мегазона, поздний докембрий.*

Grebenkin N.A., Melnikov S.I. (VIMS)

URANIUM-BEARING CAPACITY AND METALLOGENY OF THE LATE PRECAMBRIAN SOUTH-SIBERIAN MEGAZONE

*Analysis of the metallogeny of the uranium-prospective Late Precambrian South-Siberian mega-zone showed that the Riphean hydrothermal U, Pb, Zn, Cu, Mn, Co, Ni and Fe deposits were formed almost simultaneously with repeated basic magmatism. Uranium objects were formed within the granite-gneiss uplifts and their frames composed of the rocks geochemically specialized on uranium. In turn, deposits of Pb, Zn, Cu, Mn, Co, Ni, and Fe were formed in the Riphean depressive structures laid on a metamorphic base. **Keywords:** uranium, metallogeny, South Siberian megason, late Precambrian.*

Перспективная на уран Южно-Сибирская мегазона охватывает границу Сибирской платформы с Саяно-Байкальской складчатой областью (рис. 1). Потенциально ураноносная территория имеет двухъярусное строение, обусловленное архей-нижнепротерозой-