

ским данным. Этот недостаток, присущий всем методам геофизики, образно говоря, является их уязвимой «ахиллесовой пятой». Другой серьезный недостаток, но уже частного порядка, касается метода индукционного зондирования и состоит в отсутствии технической возможности точно контролировать глубину изучения мерзлых грунтов.

Предлагается всем заинтересованным специалистам и организациям апробировать разработанную в ИМЗ СО РАН методику в ходе научной или производственной деятельности в других регионах России. В случае положительной апробации можно рекомендовать методику к применению в производстве проектно-изыскательских работ в сложных инженерно-геологических условиях малообжитых и труднодоступных северных территорий России. Цель одна — минимизировать риск нарушения природного теплового состояния криолитозоны и тем самым обеспечить в ней безопасную эксплуатацию объектов промышленно-гражданской инфраструктуры, что является главнейшей частью одной из приоритетных государственных задач рационального природопользования.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 25358-82. Грунты. Метод полевого определения температуры. — М.: Изд-во Госкомитета СССР по делам строительства, 1982. — 14 с.
2. Задегиголова, М. М. Радиоволновой метод в инженерной геологии и геоэкологии / М. М. Задегиголова. — М.: Изд-во МГУ, 1998. — 32 с.
3. Нерадовский, Л. Г. Связь затухания электромагнитной волны с эффективным электрическим сопротивлением и температурой мерзлых грунтов / Л. Г. Нерадовский // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 4. — С. 26–32.
4. Руководство по применению полупроводниковых терморезисторов для геотермических измерений / В. Т. Балобаев, Б. В. Володько, В. Н. Девяткин и др. — Якутск: ИМЗ СО РАН СССР, 1985. — 48 с.
5. Соловьев, П. А. Криолитозона северной части Лено-Амгинского междуречья / П. А. Соловьев. — М.: Изд-во АН СССР, 1959. — 144 с.
6. СТО 17330282.27.140.004-2008. Контрольно-измерительные системы и аппаратура гидротехнических сооружений ГЭС. Условия создания. Нормы и требования. — М.: ОАО «ЕЭС РОССИИ», 2008. <http://www.nchzk.ru/lib/54/54041/index.htm>.
7. Шестернев, Д. М. Изучение методом индукции теплового состояния основания автодороги федерального значения «Амур» (Чита-Хабаровск) / Д. М. Шестернев, Л. Г. Нерадовский, А. В. Литовко // Криосфера Земли. — 2016. — Т. XX. — № 2. — С. 100–111.

© Нерадовский Л. Г., 2017

Нерадовский Леонид Георгиевич // leoner@mpi.ysn.ru

УДК 550.83:553.495

Голомолзин В. Е. (ФГУНПП «Геологоразведка»)

МЕСТО И ЗАДАЧИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В РАМКАХ СТАДИЙНОСТИ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ РАБОТ НА УРАН (ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ)

*Излагается современный взгляд на место и роль геофизических и геохимических методов при прогнозно-поисковых работах на уран. Обосновывается необходимость обработки ретро- и вновь получаемых материалов с использованием современной компьютерной технологии и цифровых геофизических моделей урановорудных объектов (УРО) разного масштаба. Подчеркивается необходимость научно обоснованного выбора рациональных методов исследований, и предлагаются их эффективные комплексы для разных масштабов. **Ключевые слова:** геофизика, компьютерная технология, уран, прогноз, поиски.*

Голомолзин В. Е. (Геологоразведка) THE PLACE AND ROLE OF GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS IN THE FRAMEWORK OF THE STAGES OF PROSPECTING WORKS ON URANIUM (HYDROTHERMAL DEPOSITS)

*The article presents a modern view of the place and role of geophysical and geochemical methods in prospecting works on uranium. The necessity of treatment of retro — and reobtained materials using modern computer technology and digital geophysical models of uranium ore objects (UB) of a different scale. Stresses the need for an evidence-based choice of rational complexes of methods of research and offers effective systems for different scales. **Keywords:** geophysics, computer technology, uranium, prediction, searches.*

За последние 30 лет в России не выявлено ни одного промышленного гидротермального месторождения урана крупного и даже среднего масштаба. Это можно объяснить тем, что большинство легко открываемых месторождений уже выявлено, остались слабо проявленные погребенные месторождения, а объемы дорогостоящего бурения (в сравнении с советским периодом) резко сократились. Для выявления рудоконтролирующих структур в этих условиях важнейшую роль должны были играть дистанционные геофизические и геохимические методы, новые технологии обработки материалов.

В Забайкалье — основном регионе, где работы на уран в последние 10 лет велись под девизом «ревизионно-поисковых и поисково-оценочных», в качестве основной задачи ставилась переоценка (дооценка) выявленных ранее рудных объектов с подсчетом запасов. Методика исследований ничем не отличалась от той, что существовала в середине XX века и была рассчитана на широкое применение буровых работ. В настоящее время объемы бурения оказались несопоставимыми с теми, что были ранее, а возможности геофизических методов по выявлению новых рудоконтролирующих структур использовались слабо. Этим можно объяснить тот факт, что за счет ревизии ранее выявленных рудных объектов получить какую-либо существенную добавку по приросту запасов не удалось, а новые промышленные объекты не были выявлены.

Примеры таких работ имеются по АО «Сосновгео» (Чарский урановорудный район (УРР), Акуинская вулкано-тектоническая структура (ВТС), Таширский УРР), БФ «Сосновгеология» (Черепановская, Окунайская площади Аkitканского УРР, Мухор-Галинская ВТС), ФГУГП «Читагеологоразведка» (Родниковая зона, Уртуйская ураново-рудная зона (УРЗ), Урово-Урюмканский УРР) и др.

Очевидно, залогом успеха геологоразведочных работ на уран могла быть полноценная подготовка перспективных площадей к поисково-оценочным работам. Эта подготовка предполагает всестороннее использование уже имеющейся геолого-геофизической информации, которая заключена в материалах ранее проведенных геофизических исследований, и предварительное проведение полевых геофизических работ в рамках специализированного геологического картирования масштаба 1:50 000.

Подготовительные работы предполагают:

уточнение геолого-прогнозной на уран карты масштаба 1:200 000 на основе составления по ретро материалам геофизических основ с использованием современной компьютерной технологии обработки грави- магнитных и АГС-данных масштаба 1:200 000 и цифровых геофизических моделей (ЦГМ) эталонных урановородных объектов (УРО);

создание физико-геологических моделей искомым объектов и конкретизация геологических задач с целью формирования рационального комплекса методов;

составление геофизической основы геолого-прогнозной карты на уран масштаба 1:50 000 на основе проведения полевых геофизических работ масштаба 1:50 000—1:25 000 с использованием вышеуказанной компьютерной технологии обработки получаемых материалов;

подготовка локальных площадей, участков на стадии поисково-оценочных работ на основе их изучения комплексом методов в детальных масштабах (1:10 000—1:2000).

Составление геофизических основ прогнозных на уран карт масштаба 1:200 000

Основой для решения этой задачи является нетрадиционный подход к интерпретации геофизических данных, который предусматривает использование компьютерной технологии MetAn05 для их обработки и ЦГМ промышленных УРО для выделения рудоконтролирующих структурных и радиогеохимических обстановок [3, 5, 8—10, 12]. Рудоконтролирующие обстановки представляют собой энергоактивные зоны (ЭАЗ), узлы (ЭАУ), в пределах которых максимально проявились преобразования на этапе тектоно-магматической активизации (ТМА) и в таких обстановках сформировались промышленные УРО. Задачами подготовительного периода на стадии проектирования являются:

1) выявление ЭАЗ и ЭАУ, являющихся признаками благоприятных геолого-структурных и радиогеохимических обстановок;

2) обоснование рационального комплекса методов.

Работа по выявлению ЭАЗ, ЭАУ, соответствующих известным промышленным УРО, выполнена практически по всем регионам России, где проводились исследования на уран. Реально результаты прогнозных построений подтверждены только в пределах Приладожского УРР, где внешние ЦГМ канадского и австралийского типов позволяют выявить признаки структур «типа несогласия» [9].

Пример интерпретации по ЦГМ по Таширскому УРР нашел отражение в работе [10]. В качестве исход-

ного материала использованы данные грави-, магнитных съемок масштаба 1:200 000 и АГС-съемок масштаба 1:50 000. В рамках задания 90—46 ОАО «Сосновгео» здесь выделено три очагово-купольных структуры (ОКС) и восемь перспективных участков I и II очереди отработки. По данным интерпретации грави-, магнитных и АГС-данных в пределах каждой ОКС выявлены ЭАЗ, ЭАУ и зоны аномального распределения радиоэлементов (ЗАРЭ), в краевых частях которых располагаются мелкие месторождения (Сланцевое, Убоканское) и рудопроявления, являющиеся объектами поисково-оценочных работ. Такие зоны и узлы, выявленные в пределах ОКС и за их пределами, *оценке не подвергались*.

Аналогичные исследования выполнены по Даурскому перспективному урановородному району (ПУРР), Урово-Урюмканскому УРР, Домугдинско-Черепаниховскому урановородному узлу (УРУ), другим объектам Забайкалья и Восточному Присаянью. Эти исследования позволили выделить значительное число перспективных зон и узлов, которые *не были оценены*. К наиболее значимым из них можно отнести объекты АО «Сосновгео», подразделений УРАНГЕО (БФ «Сосновгеология», «Березовгеология»), ФГУГП «Читагеологоразведка» — Худогинский (Таширский УРР), зона Новая (Чарский УРР), Верхне-Жипкошинский, Барун-Улачинский, Салбартуйский узлы (Акуинская ВТС), Дорожный (Черепаниховская площадь), северо-восточное и юго-восточное обрамление Окунайской площади (Акитканский УРР), западный экзоконтакт Кличкинского гранитного массива (Урулюнгуевский УРР), Уватская, Центральная, Бирусинская зоны, экзоконтактные части Бирусинского гранитного массива (Присаянье), Кевактинский узел, зоны Хайвергинская, Кавали, Луктах, Большой Сахтачи (Больше-Патомская площадь — Тонодское поднятие) и др. Работы выполнялись по договорам № С06-10, 07/07 с ВИМС в рамках Госконтракта № ВВ-04-34/8, №№ 11-09, 12-09 с АО «Сосновгео», № 323-13/п с БФ «Сосновгеология», № 2-53/11 с ФГУГП «Читагеологоразведка».

Аналогичные работы, выполненные по всей России, позволяют предположить, что ЭАЗ, ЭАУ, ЗАРЭ, которые сопровождаются мелкими месторождениями, рудопроявлениями и ореолами урана, могут быть признаками рудоконтролирующих обстановок более крупных УРО и обязательно должны вовлекаться в поисково-оценочные работы.

Обоснование рационального комплекса методов, физико-геологические и цифровые геофизические модели

Формированию рационального комплекса методов способствуют хорошо известные мероприятия:

изучение фондовых материалов по физическим свойствам пород;

анализ результатов геофизических исследований при решении аналогичных геологических задач в других регионах России, Мира;

проведение опытно-методических работ на эталонных объектах (при их наличии);

на основе прогнозно-поисковой модели вероятных УРО и вышеназванных мероприятий формирование физико-геологической модели (ФГМ) искоемых объектов;

физическое (по возможности) и физико-математическое моделирование;

оценка применимости ЦГМ эталонных объектов, которые могут быть использованы для прогнозных построений;

с учетом геолого-поисковой модели конкретизация геологических задач, которые должны быть решены геофизическими методами;

формирование рационального комплекса методов.

К настоящему времени отработана и используется на практике физико-геологическая модель УРО «типа несогласия» [2, 12]; созданы плотностная, геоэлектрическая, сейсмическая модели Антей-Стрельцовского и Аргун-Краснокаменского урановорудных узлов (УРУ), которые могут быть взяты в качестве основы при формировании ФГМ по большинству перспективных площадей Забайкалья и других регионов [6].

В результате многолетних исследований создан банк цифровых геофизических и радиогеохимических моделей разного масштаба по основным урановорудным объектам России и Мира, которые могут быть использованы при прогнозных построениях масштаба 1:200 000 и крупнее [5, 9, 10, 12].

Полевые геофизические исследования в рамках специализированного геологического картирования масштаба 1:50 000 и составление геофизической основы прогнозной на уран карты

Эти исследования должны быть выполнены на стадии предварительной подготовки площадей под поиски. При этом предполагается проведение стандартного комплекса геофизических и геохимических исследований в масштабе 1:50 000–1:25 000, который должен включать комплексную аэрогеофизическую съемку, гравиметровую, магнитную съемки, геолого-радиометрические маршруты, литогеохимическое опробование.

Результаты комплексной аэрогеофизической, гравиметровой и магнитной съемок обрабатываются по той же схеме что и материалы масштаба 1:200 000 с использованием выше упомянутых компьютерных средств и ЦГМ масштаба 1:50 000. Итоговым документом этой обработки является геофизическая основа прогнозной на уран карты масштаба 1:50 000, на которой выделяются локальные структурные узлы или участки — объекты детальных геолого-геофизических исследований. Геофизическая основа дополняется результатами геолого-радиометрических маршрутов, литогеохимического опробования. Также представляется целесообразным создание опорных геолого-геофизических разрезов для расшифровки глубинного строения перспективных зон, участков. Эта часть работы предполагает использование в комплексе методов сейсмондирования.

Геологическими задачами геофизических исследований при специализированном картировании масштаба 1:50 000 являются: решение задач геолого-струк-

турного картирования, оценка радиогеохимических особенностей площади, выявление прямых и косвенных признаков уранового оруденения, уточнение положения рудоперспективных узлов, зон, оценка их глубинности.

По результатам компьютерной обработки АГС-данных масштаба 1:25 000 с использованием ЦГМ УРО «типа несогласия» по Чарскому УРР выявлена структура «типа несогласия» Новая в западном борту Березовского прогиба, представляющая наибольший поисковый интерес с точки зрения возможности выявления промышленных объектов этого типа [12]. *Зона не оценена.*

Построения масштаба 1:50 000 по гравимагнитным и АГС-данным масштаба 1:50 000 по Северо-Боргойской ВТС (Таширский УРР) позволили выделить в качестве перспективного Худогинский узел, в пределах которого известны рудопроявления Худога-I, II, Жаргалантуйское и Инцигатуйское. *В дальнейшем указанная структура осталась не оцененной.*

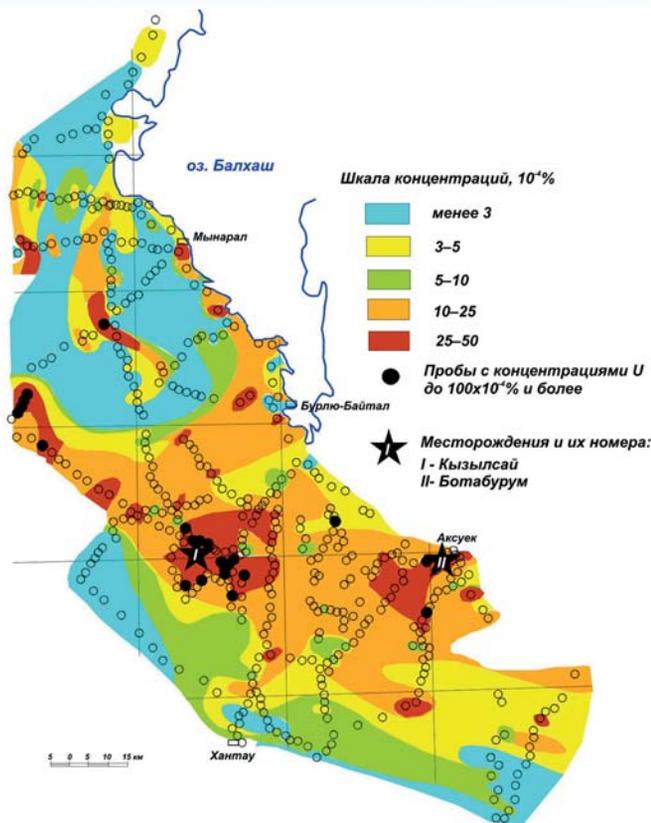
В Урулюнгуевском УРР по данным АГС-съемки масштаба 1:50 000 выявлено семь ЗАРЭ кольцевого типа — признаков вероятных структур типа кальдер и очагово-купольных [5, 6, 10]. Часть этих ЗАРЭ соответствуют структурам с известными рудопроявлениями и месторождениями — Стрельцовская, Куйтунская, Екатеринбургская. *Вновь выявленные зоны оценке не подвергались.* Построения в более мелком масштабе по всему Забайкалью показывают, что подобные зоны контролируют практически все гидротермальные месторождения урана, золота, молибдена и других рудных объектов [4].

Возможность прослеживания перспективных зон на глубину подтверждается компьютерными построениями в виде погоризонтных карт признаков структур Антей-Стрельцовского типа, которые можно рассматривать как 3D модель признакового пространства [6, 9]. Признаки ЭАУ, проявляющиеся в юго-западной части ВТС начиная с горизонта -750 м, могут рассматриваться в качестве участков, перспективных на выявление богатого уранового оруденения в гранитном фундаменте кальдеры.

Принципиально новая информация для более обоснованного выделения площадей под поиски урановых месторождений может быть получена на основе литогеохимического опробования, дополненного изучением на уран ионно-солевого комплекса (ИСК) поровых растворов [11]. Такие работы в 1990-х годах были выполнены под руководством В.С. Комарова в районе Ботабурум-Кызылсайского рудного поля. Результаты опробования показаны на рис. 1. При незначительных концентрациях валового урана в целом по району выявлены контрастные аномалии урана в ионно-солевом комплексе, особенно над собственно месторождениями Кызылсай и Бота-Бурум.

Стадия поисково-оценочных работ

Основными задачами геофизических и геохимических исследований на этой стадии являются: картирование рудоподводящих структур — проницаемых зон



Ботабурум-Кызылсайское урановорудное поле. Карта содержания урана в ионно-солевом комплексе поровых растворов горных пород. Условные знаки на карте

глубокого заложения, расчленение вулканогенно-осадочного разреза, картирование зон гидротермально-метасоматических изменений, ранжирование выделяемых разломных структур по глубинности и ураноносности, прослеживание рудоконтролирующих зон, подсеченных скважинами. Решение этих задач является приоритетным при решении поисковых задач. Рассмотрим это на ряде конкретных примеров.

Контроль уранового оруденения на месторождениях «типа несогласия» осуществляется горизонтами графитизированных пород, крутопадающими разрывными структурами, проявленными в зонах дезинтеграции, расщелачивания в породах кристаллического фундамента, в породах чехла — зонами дробления, катаклаза, изменениями пород в виде мощных зон иллитизации [2, 7, 12]. Таким структурам соответствуют линейные зоны минимумов Δg , кажущегося электрического сопротивления, градиента магнитного поля. Крутопадающие горизонты графитизированных пород фундамента отчетливо картируются минимумами сопротивлений по данным съемок методами переходных процессов (МПП), аномалиями высокой поляризуемости по данным метода вызванной поляризации (ВП).

В Эльконском УРР зоны бластомилонитов и пирит-карбонат-калишпатовых изменений (гумбеиты), контролирующие промышленное урановое оруденение, отражаются в контрастных понижениях магнитно-

го поля (до тысяч нТл). Рудная стадия, представленная кварц-баритовой, уран-браннеритовой минерализацией, отражается в резком повышении сопротивлений по данным съемки методом срединного градиента (СГ) (до тысяч Ом·м), а зоны сульфидизации — в аномалиях высокой поляризуемости по данным ВП [9].

Рудоподводящие структуры рудного поля Олимпик-Дам отражаются в контрастных локальных аномалиях гравитационного поля до +14 мГал и смещенных локальных аномалиях магнитного поля до 1700 нТл.

В районе Антей-Стрельцовского урановорудного узла, унаследованные в осадочно-вулканогенном чехле рудоконтролирующие структуры фундамента, картируются методами электроразведки, в том числе наиболее простыми модификациями типа срединного градиента (СГ), дипольного электропрофилеирования (ДЭП) [6].

Хорошим примером, подтверждающим эффективность картирования вероятных рудоподводящих структур, выделенных на основе прогнозирования по ЦГМ, являются результаты съемок методом зондирования переходных процессов (ЗМПП), аудиомагнитотеллурического профилирования (АМТП), ЕП в Чарском УРР (см. выше). По данным ЗМПП — это «проводящие» зоны (десятки Ом·м на фоне тысяч), по данным АМТП — минимумы ρ_k (первые десятки Ом·м на фоне сотен — первых тысяч), по данным ЕП — минимумы потенциала до — 700 мВ [9, 12].

На примере Антей-Стрельцовского урановорудного узла показано, что имеются предпосылки расчленения вулканогенно-осадочного чехла по существенному изменению скоростей продольных волн, сопротивлений и плотности при переходе от эффузивных аналогов вулканогенных пород к лито-кристаллическим и кристаллическим породам фундамента [6]. Хорошее представление о дифференциации разреза по электрическим свойствам дают погоризонтные планы проводимости по данным ЗМПП, аудиомагнитотеллурического зондирования (АМТЗ).

Из этих примеров и большого числа других, которые можно было бы привести, можно сделать вывод о том, что, если существует крупный рудный объект, должна существовать и хорошо выраженная в физических параметрах рудоподводящая структура, которая не может быть не выявлена правильно выбранным комплексом геофизических методов.

Разбраковка выявляемых рудоперспективных структур по глубинности и ураноносности

Ураноносность выявляемых рудоперспективных структур обычно оценивается на основе различных гамма- и гамма-спектрометрических съемок, съемок по способу активных налетов (САН), геохимического опробования по валовому урану. Важное значение при этом приобретает необходимость установления связи радиоактивности с глубинными источниками. Поэтому для целей разбраковки зон могут быть использованы нетрадиционные способы геохимического и гидрохимического опробования, различные газогеохимические методы. К таковым относятся уранометрия ионно-солевого комплекса поровых растворов горных пород

(ИСК) [9, 11], гидрохимическое опробование с волокнистыми сорбентами (ГХОВС) [1], углеводородные (сумма углеводородов, в том числе — CH_4), водородные (H_2), углекислотные (CO_2) съемки, ртутметрия (Hg) [9]. Создание целого ряда аппаратных разработок для газовых съемок позволяет экспрессно получать информацию непосредственно на профиле.

Опробование по способу ИСК проведено в районе месторождения Столбовое (Восточные Саяны) [8]. Месторождение проявилось в аномалиях урана до $12 \times 10^{-7} \%$ на фоне 4×10^{-7} . К северо-западу от месторождения в более благоприятной геологической обстановке выявлена широкая контрастная аномальная зона по урану интенсивностью до $35 \times 10^{-7} \%$ на фоне 5×10^{-7} . *Зона оценки не подвергалась.*

При работе в условиях повышенной обводненности эффективно использование гидрохимического опробования с волокнистыми сорбентами [1].

Дополнительным критерием наличия уранового оруденения на глубине могут служить аномалии ртути, имеющей генетическую связь с ураном. По результатам ртутной съемки на месторождении Карку в Карелии, залегающем на глубинах до 200 м, выявлены аномалии, достигающие 190×10^{-9} мг/л и более при фоне в единицы-десятки.

На стадии буровой оценки выделенных перспективных зон, когда буровой скважиной подсечен рудный интервал, очень эффективен метод заряженного тела (МЗ) — аналог метода СГ, при котором один из электродов питающей линии помещается в скважину в зону рудного интервала [9, 12].

Опыт геофизических и геохимических исследований на урановорудных объектах и выполненный анализ их эффективности при решении различного рода геологических задач позволяет выделить в качестве эффективных методы, которые применимы в условиях горных и других ландшафтов Восточной Сибири [12].

Необычным в комплексе методов является обращение к глубинным радиометрическим поискам по корам выветривания коренных пород, которые широко применялись в Северном Казахстане, где мощность мезокайнозойских осадков достигала 100 м.

На площадях, перекрытых чехлом мезо-кайнозойских осадков, при съемках масштаба 1:10 000 и крупнее применимы площадные глубинные радиометрические поиски, АМТП, магнитная съемка, МЗ, профильные съемки методом ЗМПП, АМТЗ, САН, ртутметрия, ИСК, ГХОВС, газовые съемки (CH_4 , CO_2 , H_2).

На площадях, перекрытых маломощным чехлом элювиально-делювиальных отложений, при площадных съемках эффективны шпуровая, наземная гамма-съемка, съемка САН (в долинах рек, временных водотоков), электроразведка СГ, ДЭП, магнитная съемка, МЗ; профильные съемки — гамма-спектрометрия, ЗМПП (АМТЗ), ЕП, ртутметрия, ИСК, ГХОВС (увлажненные участки), газовые съемки (CH_4 , CO_2 , H_2).

Комплекс методов при поисках месторождений «типа несогласия» при площадных съемках масштаба 1:10 000 — магнитная съемка, электроразведка ВП, ЕП.

Они могут быть дополнены профильными съемками ЗМПП (АМТП), ИСК, ГХОВС, газовыми съемками (CH_4 , CO_2 , H_2 , Hg).

Очевидно, что состав рационального комплекса методов исследований должен выбираться с учетом специфических геолого-структурных особенностей конкретных перспективных площадей, участков.

История прогнозно-поисковых работ на уран, проводимых в течение многих десятилетий, позволяет сделать два принципиальных вывода:

1. Радиометрические методы остаются ведущими и наиболее эффективными как при прогнозных, так и поисково-разведочных работах на уран (АГС-съемки, различные виды наземных гамма-съемок, геолого-радиометрические маршруты, каротажные исследования и др.).

2. В отношении роли структурных и ряда других методов, применяемых с целью решения поисковых задач, можно сказать, что реальная эффективность их за рядом исключений весьма не высока. И объясняется это следующими причинами:

слабой обоснованностью применяемых «рациональных» комплексов геофизических и геохимических методов;

консерватизмом в отношении новых и старых, но проверенных методических разработок (МЗ, ИСК, ГХОВС, газо-геохимические съемки и др.);

неприятием результатов прогнозных построений среднего, крупного масштаба с использованием компьютерной технологии и ЦГМ [5, 10, 12];

несоответствием масштабов исследований масштабу прогнозных карт.

Выводы

1. Повышение эффективности прогнозно-поисковых работ на уран возможно за счет использования научно-обоснованного комплекса геофизических и геохимических исследований и современной компьютерной технологии обработки их результатов. *Необходимость последовательного применения геофизических методов и их состав на всех стадиях средне-, крупномасштабных и детальных работ на уран очевидны.*

2. Создана и доведена до стадии инновационного продукта, апробирована в России и за рубежом компьютерная технология прогнозирования по ЦГМ скрытых промышленных УРО. Однако *ни одна перспективная зона, выделенная в результате такого прогноза в разных регионах России, не стала объектом оценочных работ.*

3. В большинстве случаев объекты ревизионно-поисковых и поисково-оценочных работ не находят отражения в энергоактивных зонах, выделенных по ЦГМ промышленных УРО. *Это может служить косвенным признаком незначительных масштабов вовлекаемых в оценку объектов.*

4. За исключением методики поисков УРО «типа несогласия», отсутствует четкое представление о методике глубинных поисков УРО других типов на площадях, перекрытых чехлом чуждых (неоген-четвертичных) отложений значительной мощности.

Автор выражает благодарность В.Н. Виноградову, Н.А. Мацу, А.Л. Ронину, В.Ю. Чернышу за консультацию и ценные замечания по содержанию настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гололомзин, В.Е. Возможность использования некоторых волокнистых сорбентов / В.Е. Гололомзин, Г.И. Кешишян, О.И. Ярослав // Разведка и охрана недр. — 1993. — № 5. — С. 17–20.
2. Гололомзин, В.Е. Физико-геологическая модель месторождения «типа несогласия» — основа технологии поисков богатых комплексных урановых месторождений / В.Е. Гололомзин // Российский геофизический журнал. — 1995. — № 3–4. — С. 8–16.
3. Гололомзин, В.Е. Экспрессные методы прогнозирования и поисков рентабельных урановых месторождений / В.Е. Гололомзин, Е.Б. Высокоостровская, А.И. Краснов, Н.А. Мац // Разведка и охрана недр. — 2003. — № 4. — С. 34–38.
4. Гололомзин, В.Е. Радиогеохимические аномалии кольцеобразной формы и их вероятная рудоконтролирующая роль / В.Е. Гололомзин, Е.Б. Высокоостровская / Инф. сб.: Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. — Вып. 150. — М., 2006. — С. 116–122.
5. Гололомзин, В.Е. Современные геофизические технологии при прогнозно-поисковых работах на уран / В.Е. Гололомзин, Е.Б. Высокоостровская, А.И. Краснов, Н.А. Мац // Разведка и охрана недр. — 2009. — № 3. — С. 46–55.
6. Гололомзин, В.Е. Моделирование структурных рудоконтролирующих обстановок Стрельцовского урановорудного поля // В.Е. Гололомзин, Н.А. Мац // Разведка и охрана недр. — 2010. — № 6. — С. 34–42.
7. Гололомзин, В.Е. Предпосылки эффективного использования метода естественного электрического поля при картировании контраст-

ных геохимических обстановок / В.Е. Гололомзин / Инф. сб.: Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. — Вып. 155. — М., 2010. — С. 50–61.

8. Гололомзин, В.Е. Пути повышения эффективности поисков слабо проявленных эндогенных месторождений урана на основе моделирования и выбора эффективного комплекса геофизических и геохимических методов / В.Е. Гололомзин / Инф. сб.: Материалы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. — Вып. 156. — М., 2011 — С. 50–64.

9. Гололомзин, В.Е. Технология геофизического прогнозирования и поисков рентабельных урановых месторождений / В.Е. Гололомзин, В.Н. Виноградов, И.В. Виноградова, Е.Б. Высокоостровская, А.И. Краснов, А.Н. Сергеев, Н.А. Мац, Л.В. Морозов, А.Б. Павлов, Н.Д. Успенская, В.В. Шаулкин / Инф. сб.: Материалы по геологии, поискам и разведке месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. — Вып. 159. — М., 2015. — С. 300–313.

10. Гололомзин, В.Е. Картирование энергоактивных зон и узлов по цифровым геофизическим моделям — один из путей выявления промышленных ураново-рудных объектов (на примере Забайкалья) / В.Е. Гололомзин, Е.Б. Высокоостровская, А.И. Краснов, Н.А. Мац // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 7. — С. 35–41.

11. Патент № 2396561. Способ поисков месторождений по воднорастворимым формам / И.В. Виноградова, А.Н. Сергеев, В.С. Комаров; Заявлено 23.12.2008; Опубл. 10.08.2010.

12. Поиски слепого уранового оруденения на примере перспективных участков Северного Прибайкалья (поиски урановых месторождений в условиях сильно расчлененного рельефа Северного Прибайкалья). Методические рекомендации / Под ред. В.Е. Гололомзина. — СПб., 2009. — 130 с.

© Гололомзин В.Е., 2017

Гололомзин Валентин Егорович // il: vegolo@mail.ru

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 622.013(083.75)

Белов М.В., Бич А.В. (ООО «Минерал»), Быховский Л.З. (ФГБУ «ВИМС»)

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АДДИТИВНЫХ (3D) ТЕХНОЛОГИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Отмечено лидерство передовых экономик мира в интенсификации исследований и внедрении аддитивных (3D) технологий, ориентировка результатов на рынок конечной высокотехнологичной продукции с высокой добавленной стоимостью. Среди проблем, сдерживающих внедрение аддитивных (3D) технологий в России, выделена проблема слабого обеспечения отечественным минеральным сырьем, в том числе и минерального происхождения. Рассмотрены особенности формирования минерально-сырьевой базы (МСБ) для производства порошковых материалов. Основным источником минерального сырья для импортозамещения признаны техногенные образования (месторождения). Количественным фактором (преимущественно малотоннажное производство) в формировании МСБ обоснована возможность получения на базе малотоннажных производств новых порошковых матери-

*алов для проведения исследований в области материаловедения порошковых материалов. Определены мероприятия, выполнение которых позволит создать и развить отечественную минерально-сырьевую базу производства порошковых материалов для аддитивных (3D) технологий и исследований в области материаловедения порошковых материалов. **Ключевые слова:** порошковые материалы, АМ-технологии, аддитивные (3D) технологии, минерально-сырьевая база.*

Belov M.V., Bich A.V. (Mineral), Bykhovskiy L.Z. (VIMS)

FEATURES OF FORMATION AND DEVELOPMENT OF MINERAL RESOURCES OF PRODUCTION OF POWDER MATERIALS FOR ADDITIVE (3D) TECHNOLOGIES AND RESEARCHES IN THE FIELD OF MATERIALS SCIENCE OF POWDER MATERIALS

Leadership of the advanced economies of the world in an intensification of researches and implementation of additive (3D) technologies, orientation of results to the market of end high-technology products with a high value added is noted. The problem of weak providing with domestic mineral raw materials including a mineral origin is distinguished from the problems constraining implementation of additive (3D) technologies in Russia. Features of forming of the mineral resources (MSB) for production of powder materials are considered. For import substitution technogenic educations (fields) are recognized as the