

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Национальный исследовательский Томский политехнический университет"

Российская академия наук

Институт геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН

ФГУП "Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами"

ФГУГП "Урангео"

ОАО "Зарубежгеология"

Томская региональная общественная организация "Росгео"

Научно-исследовательский институт радиационной медицины и экологии, Республика Казахстан

Университет Париж-SUD, Франция

Российский фонд фундаментальных исследований



РАДИОАКТИВНОСТЬ И РАДИОАКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В СРЕДЕ ОБИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА

**МАТЕРИАЛЫ
V МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

г. Томск, 13–16 сентября 2016 г.



Томск 2016

УДК 550.42:546.7:504.05(063)

ББК (Г) 24.13

P15

Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека. Материалы V Международной конференции, г. Томск, 13–16 сентября 2016 г. – Томск : STT, 2016. – 808 с.

ISBN 978-5-93629-564-5

В сборнике докладов конференции обсуждаются актуальные проблемы, связанные с явлением радиоактивности, распространением естественных и техногенных радионуклидов в различных природных средах. Приводятся данные по радиоэкологическому состоянию отдельных территорий, методам анализа радионуклидов. Освещаются вопросы влияния радиоактивности и радиоактивных элементов на биоту и человека, проблемы оценки дозовых нагрузок.

Сборник представляет интерес для геологов, геохимиков, биологов, медиков, экологов и других специалистов, интересующихся проблемами радиогеологии, радиогеохимии, радиоэкологии.

УДК 550.42:546.7:504.05(063)

ББК (Г) 24.13

Редакционная коллегия:

Л.П. Рихванов – док. геол.-мин. наук, профессор
(главный редактор)
С.И. Арбузов – док. геол.-мин. наук, профессор
Е.Г. Язиков – док. геол.-мин. наук, профессор
В.А. Домарено – канд. геол.-мин. наук, профессор
Н.В. Барановская – док. биол. наук, профессор
Л.М. Болсуновская – канд. фил. наук
В.В. Жуков – тех. секретарь

Рецензенты:

А.М. Адам – док. тех. наук, профессор
А.В. Мананков – док. геол.-мин. наук, профессор
Н.Н. Ильинских – док. биол. наук, профессор

Editorial Board:

L.P. Rikhvanov – Professor (Editor-in-Chief)
S.I. Arbuzov – Professor
E.G. Yazikov – Professor
V.A. Domarenko – PhD
N.V. Baranovskaya – Professor
L.M. Bolsunovskaya – PhD
V.V. Zhukov – Secretary

Reviewers:

A.M. Adam – Dr. tech. sci., professor
A.V. Manankov – Dr. geol.-mineral. sci., professor
N.N. Ilyinskikh – Dr. biol. sci., professor



Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
(проект №16-05-20586-Г).

ISBN 978-5-93629-564-5



Электронная версия размещена на портале eLibrary.ru

© Томский политехнический университет, 2016

© Оригинал-макет. Оформление. STT™, 2016

О НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ АЭРОГАММА-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ГОСГЕОЛКАРТЫ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ И О КРИЗИСНЫХ ЯВЛЕНИЯХ В ОБЛАСТИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Ф.Д. Лазарев, П.В. Кирплюк, А.Н. Онищенко, В.К. Старостин

ФГБУ "Всероссийский научно-исследовательский геологический институт имени А.П. Карпинского",
Норильский филиал, Норильск, nfvsegei@mail.ru

CERTAIN RESULTS OF AIRBORNE GAMMA-SPECTROMETRY RESEARCH TO CREATE GEOPHYSICAL FUNDAMENTALS FOR THE STATE GEOLOGICAL MAP OF SECOND GENERATION AND ABOUT THE CRISIS PHENOMENA IN THE FIELD OF DOMESTIC INSTRUMENT ENGINEERING

F.D. Starostin, P.V. Kirplyuk, A.N. Onishenko, V.K. Starostin

A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI), Norilsk Branch, Norilsk, Russia

Проведение в жизнь инновационной политики изучения недр с целью воспроизводства минерально-сырьевой базы России немислимо без инструментальной оснащённости поисковых и геологоразведочных работ. Среди современных методов, наиболее сложными, наукоемкими и эффективными являются методы комплексной аэрогеофизической съемки. Их неотъемлемой частью является и аэрогамма-спектрометрический метод. Поскольку комплексные аэрогеофизические исследования позволяют получить наибольшее количество первичной информации о свойствах изучаемых объектов, они находят широкое применение на различных стадиях геологоразведочных работ и являются практически незаменимыми в труднодоступных регионах страны.

Между тем, анализ Отечественного рынка геофизического (в частности, аэрогеофизического) приборостроения указывает на тенденцию его поглощения зарубежными производителями. Не секрет, что в последние годы, основные поставки аэрогеофизического оборудования, в т.ч. аэрогамма-спектрометров, которые остро необходимы для наших работ, осуществляются из Канады. Однако, ухудшение международной обстановки и, как следствие, санкции на поставку высокотехнологичных товаров из-за рубежа, а также непомерный рост их стоимости, привели к существенному сокращению закупок этого оборудования. Отечественный рынок геофизического приборостроения оказался не готов к такому повороту событий. Он не может предвидеть рыночное поведение потребителей, знать их потребности, корректировать цены и хоть как-то воздействовать на политику ответственных за восполнение природных ресурсов государственных институтов. Надежда на то, что эти институты в своей деятельности будут руководствоваться актуальным экономическим постулатом, гласящим, что "производство, зависящее от внутреннего частного спроса, не поддерживаемое государственными мерами либо сталкивается с проблемами роста, либо вырождается", эта надежда оказалась тщетной. Так, по данным Д.Г. Храмова, за период 2004–2010 гг. инвестиции в геологоразведочные работы из федерального бюджета увеличились более, чем в четыре раза, а затраты на

НИОКР за те же 10 лет уменьшились на порядок – до 1% [1]. Каких-либо рациональных причин, оправдывающих такое положение дел в области НИОКР, мы не находим.

Некоторые специалисты усматривают причину кризиса внутреннего рынка в "несовершенстве" отечественной аппаратуры. Их "нелицеприятные" сетования по этому поводу начались не сегодня. Особенно громко и настойчиво о "технической отсталости" стало модным говорить в конце 70-х гг. XX века, а в пореформенные годы об этом кто только не судил, да ничего позитивного так и не предложил: легкомысленно следуя моде, отправился покупать приборы на чужбину. Лидером закупок зарубежной аэрогеофизической аппаратуры было и остается АО "ГНПП "Аэрогеофизика", регулярно подчеркивающая отсталость отечественного приборостроения [2]. Между тем, невозможно представить себе, как бы выглядела Карта полезных ископаемых России, не будь у нас первоклассной Отечественной аппаратуры для производства поисковых работ аэрогеофизическими методами. Именно Карта полезных ископаемых России является наиболее весомым аргументом против "нелицеприятно" настроенных скептиков, раздраженных "недостатками" Отечественных приборов и призывающих покупать их у зарубежных конкурентов. Не следует забывать так же о богатом открытиями интеллектуальном опыте НИОКР, которым обладают российские специалисты. Ни в СССР, ни в Российской Федерации не бывало такого, чтобы качество отечественной аппаратуры существенно отставало, отличаясь каким-либо изъяном, от лучших мировых образцов. (Здесь надо оговориться: действительно, дизайн отечественной аппаратуры, зачастую, желал быть лучше.)

Одной из причин, в связи с которой некоторые наши коллеги призывают ориентироваться исключительно на зарубежную аппаратуру, является мнимое прекращение производства кристаллов йодистого натрия в нашей стране и низкое ("не лучше 15%" по линии 0,661 МэВ) разрешение имеющихся в эксплуатации ранее выпущенных кристаллов. Однако, такое мнение является неверным. В городе Усолье-Сибирское Химический комбинат до сих пор осуществляет выпуск спектрометри-

ческих монокристаллов с разрешением не хуже 9,11%, а по специальному заказу может выпустить и с лучшим разрешением. Поликристаллические сцинтилляторы йодистого натрия, активированные таллием (полисцины) имеют разрешение порядка 7,5–8,0% и по этому параметру превосходят монокристаллы того же состава, но стоимость их значительно дороже. Поскольку погрешность измерений урана, тория и калия зависит от объема детекторов (точнее от их массы) и от спектрального разрешения применяемого сцинтиллятора, то незначительные расхождения в разрешении можно компенсировать увеличением объема (массы) детектора. Действительным, а не мнимым “недостатком” аэрогеофизических работ в последние годы является существенный рост их стоимости. Это происходит исключительно за счет роста стоимости арендной платы за эксплуатацию носителей аппаратуры. Среди них основными до сих пор являются самолеты Ан-2, Ан-3 и вертолет Ми-8, стоимость летного часа которых, соответственно, составляет 60–80 и 100–120 тыс. руб. и более.

В качестве еще одного доказательства надежности, а также высоких качественных и количественных характеристик Отечественной аппаратуры ниже мы рассмотрим результаты аэрогеофизических работ, осуществленных с применением отечественных гамма-спектрометров в 1996 и 1999 годах. Несмотря на то, что со времени производства этих работ прошло 20 лет, их результаты удалось удовлетворительно интегрировать с имеющимися по листу съемки современными данными, ин-

терпретировать и репрезентировать в такую совокупность информации, которая представляет собою современную кондиционную геофизическую основу Госгеокарты-200/2.

Съемка проводилась, как сказано, в 1996 и 1999 гг. аэрогеофизической партией ЦАГРЭ (г. Норильск) в рамках опережающих геофизических работ масштаба 1:50 000 в северо-восточной части Горного Таймыра (лист Т-48-XXXIV-XXXVI) (рис. 1).

В 1996 г. работы выполнялись с применением станции СТК-03 (гаммаспектрометр СТК). В качестве носителя аппаратуры использовался вертолет Ми-8. Съемка проводилась по системе прямолинейных маршрутов курсами 0°–180° с детальным огибанием рельефа. Высота полетов не превышала 75 м. Средняя скорость при прохождении маршрутов составила 160 км/ч. Расстояние между рабочими маршрутами составляло 500 м. Объем детектора гамма-спектрометра составил 37,68 л. Оценка полевой точности аэрогеофизической съемки производилась по повторным маршрутам и составила по каналам: урановый – $\pm 0,26 \cdot 10^{-4}\%$ (по проекту – $\pm 0,22 \cdot 10^{-4}\%$); ториевый – $\pm 0,54 \cdot 10^{-4}\%$ (по проекту – $\pm 0,58 \cdot 10^{-4}\%$); калиевый – $\pm 0,16\%$ (по проекту – $\pm 0,15\%$); МЭД – $\pm 0,55$ мкР/ч (по проекту $\pm 0,3$ мкР/ч).

В 1999 г. съемка выполнялась с применением аэрогеофизического комплекса КАС-1 (гаммаспектрометр ГСА-99, объем детектора 25,12 л). В качестве носителя аппаратуры использовался самолет Ан-2. Полевая точность аэрогамма-спектрометрической съемки состави-



Рис. 1. Обзорная карта района работ

ла по каналам: урановый – $\pm 0,1 \cdot 10^{-4}$; ториевый – $\pm 0,84 \cdot 10^{-4}$; калиевый – $\pm 0,12\%$; МЭД – $\pm 0,25$ мкР/ч.

В этот же год финансирование объекта было прекращено, данные съемки остались в виде рабочих материалов без предварительной обработки. Лишь двадцать лет спустя, в 2014 г., было принято решение на территории листа Т-48-XXXIV-XXXVI создать геофизическую основу масштаба 1:200 000 для производства Госгеолкарты-200/2. Учитывая крайнюю труднодоступность и большие финансовые затраты для изучения рассматриваемой площади современной аппаратурой, было признано наиболее рациональным для достижения поставленной цели использовать имеющийся в наличии материал аэрогеофизической съемки 1996 и 1999 гг.

Составлению комплекта сводных цифровых аэрогамма-спектрометрических моделей предшествовало создание единой электронной базы геофизических данных по листу изучения и смежным листам. Несмотря на различия в используемой аппаратуре и в авианосителях, обобщение съемок разных лет в единую базу данных

проведено, в целом, без осложнений. Материалы всех съемок в процессе проверки и приемки полевых материалов признаны кондиционными и хорошо стыкуются между собой. Такая однородность материала стала следствием неукоснительного следования инструктивным положениям и рекомендациям по выполнению полевых измерений, а также обязательным предполетным поверкам и эталонировкам аппаратуры в специализированных центрах и на полигонах. Для ряда ситуаций, где все же потребовалось более “тонкое” выравнивание между собой полей разных годов съемок использованы данные со специальных опорных сетей, со связующих региональных маршрутов и с областей взаимного перекрытия площадей. Основными инструментами при этом являлись методы статистической увязки и межмаршрутного выравнивания. В итоге, были сформированы сводные цифровые модели аэрогамма-спектрометрических (U, Th, K и МЭД) полей (рис. 2).

Последующий комплексный анализ АГСМ-данных на базе вероятностно-статистических методов (алгоритм

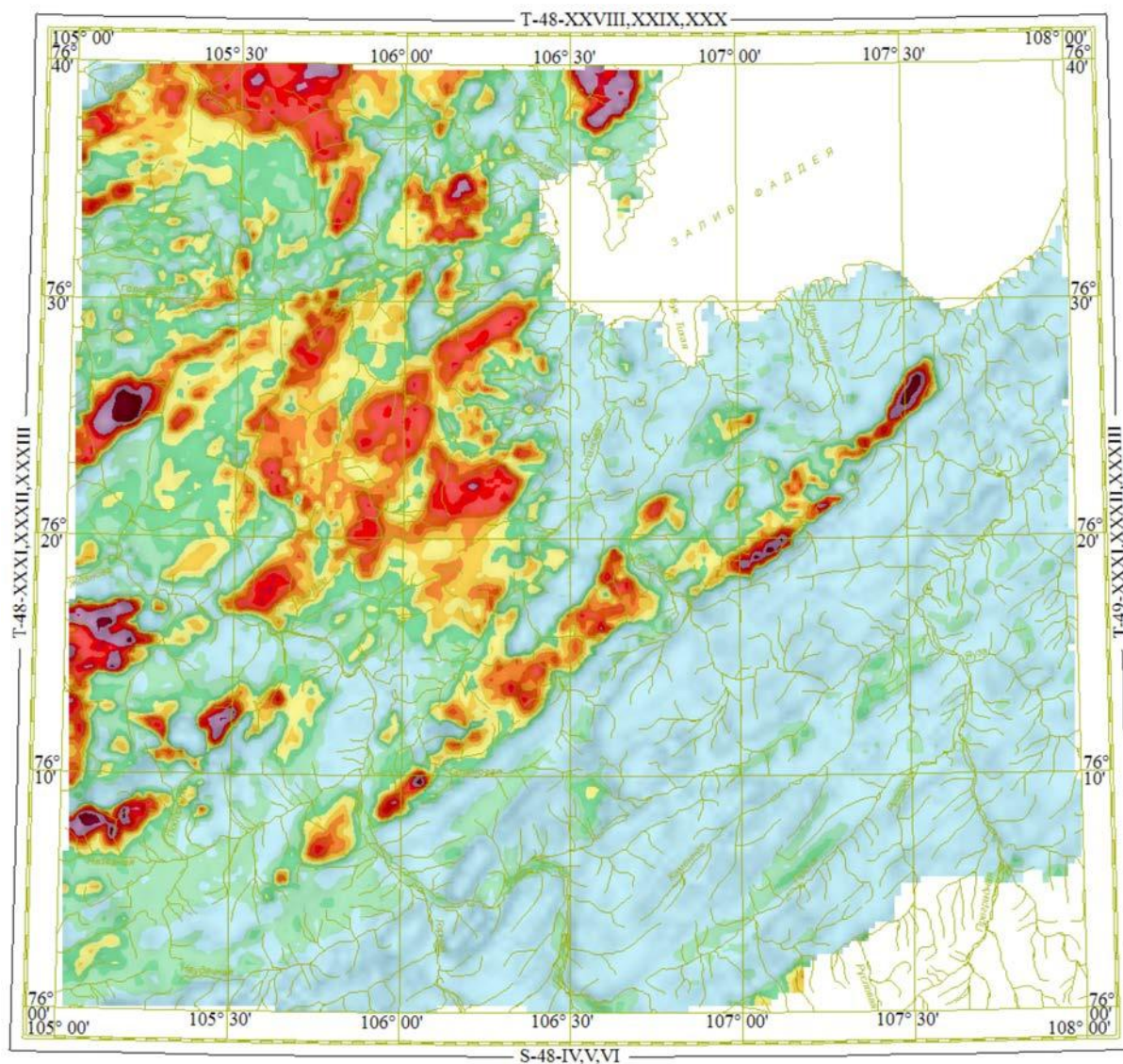


Рис. 2. Карта мощности экспозиционной дозы

АРК) позволил локализовать участки с аномальными концентрациями ЕРЭ, обусловленными наложенными процессами и определить радиогеохимическую специализацию пород (рис. 3).

Высокое качество материала и современные программные методы обработки позволили уверенно провести геологическую интерпретацию спектрометрических данных.

Рассматриваемая площадь расположена в пределах Таймырской складчато-надвиговой области, которая подразделяется на две структурно-формационные зоны (СФЗ) – Центрально-Таймырскую и Южно-Таймырскую, разделенным Пясино-Фаддеевским надвигом (Верниковский, 1996).

Радиогеохимическая зональность площади четко отражает ее принадлежность к двум СФЗ, подчеркивает ее структурно-тектоническую позицию в общей структуре Таймыра, определяет северо-восточное простира-ние основных тектонических элементов и, при адекват-

ном сопоставлении с геологическими данными, может использоваться для картирования формаций, а иногда и отдельных свит.

Центрально-Таймырская СФЗ (северо-западная часть площади) сложена протерозойскими осадочными и магматическими формациями, претерпевшими метаморфические и гидротермально-метасоматические изменения разных фаций и типов. Для нее характерен достаточно высокий радиационный фон, обусловленный повышенными содержаниями калия и тория. На сводной радиогеохимической карте отчетливо выделяются участки с различной степенью регионального метаморфизма. Для участков гранитизации, сопровождаемых калиевым метасоматозом, характерна калиевая и уран-калиевая специализация горных пород (амфиболитовая фация). Участки с ториевой и калий-ториевой специализацией отвечают зоне развития зеленосланцевой фации регионального метаморфизма. Северо-восточная часть зоны перекрыта маломощным чехлом четвер-

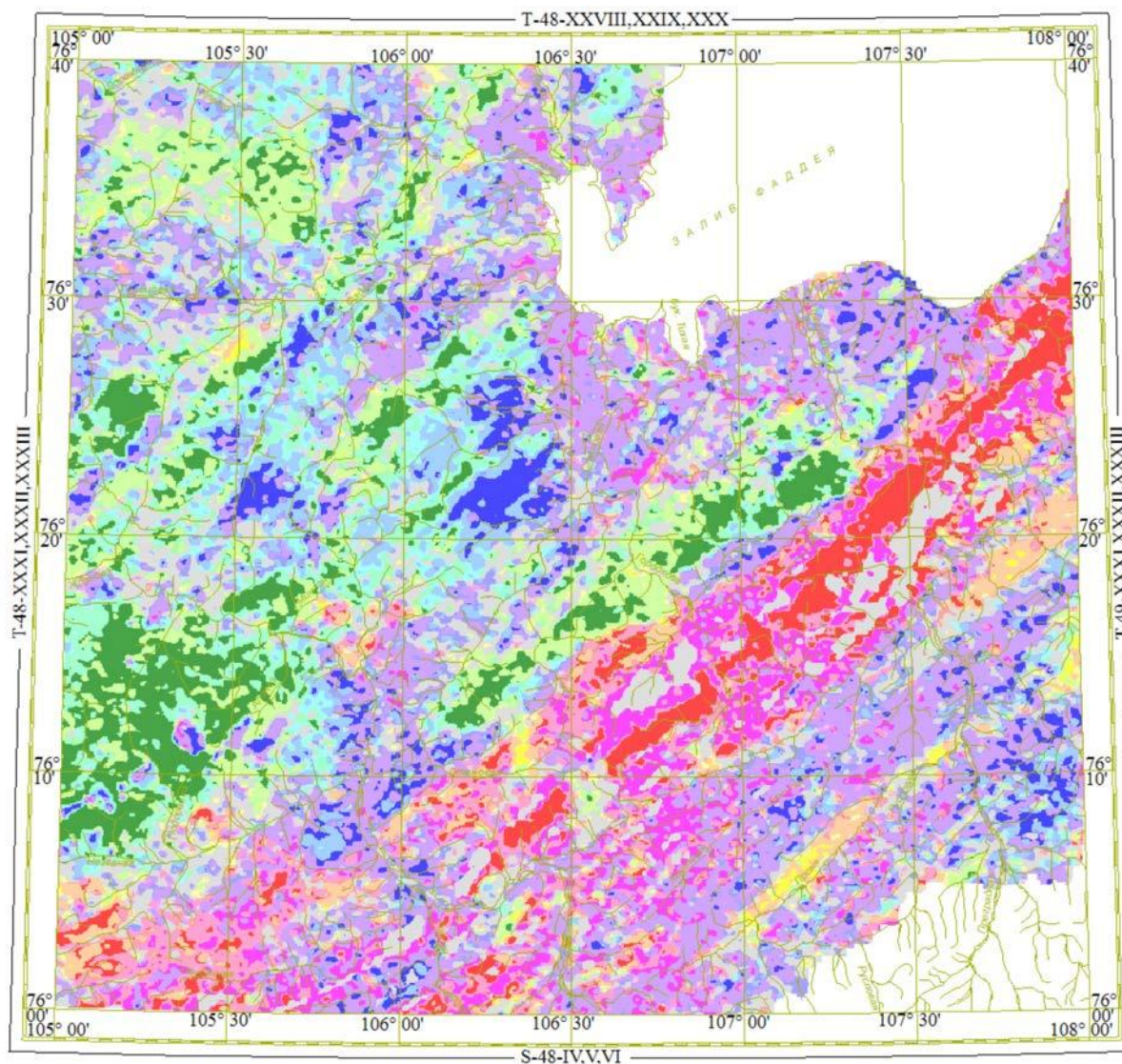


Рис. 3. Сводная радиогеохимическая карта

тичных отложений, которые достаточно отчетливо выделяются уран-ториевой радиогеохимической специализацией.

У южной границы Центрально-Таймырской СФЗ выделяется локальная область с урановой и калий-урановой специализацией, однозначно сопоставляемая с венд-палеозойскими, специализированными на уран, “черносланцевыми” отложениями. На соседнем с запада листе в этих породах выявлено урановое рудопроявление Каменское. Южно-Таймырская СФЗ (юго-восточная часть листа) представляет собой глубокий прогиб, выполненный карбонатными, терригенно-карбонатными, терригенными и вулканогенными формациями палеозоя и мезозоя. Палеозойские отложения юго-восточной части зоны характеризуются карбонатным типом разреза (южная фациальная зона), а в северо-западной выделен переходный “карбонатно-сланцевый” тип (переходная фациальная зона).

Радиогеохимическая специализация “переходной” зоны преимущественно урановая, торий-урановая, доминирующим элементом на фоне дефицита калия является уран. Аномальные концентрации урана образуют линейные области северо-восточного простирания и пространственно коррелируются с выходами карбонатно-сланцевых палеозойских пород. Для южной фациальной зоны характерна ториевая, уран-ториевая радиогеохимическая специализация, сопоставляемая с выходами карбонатных палеозойских пород. Среди них отмечаются отдельные узкие области северо-восточного

простирания с уран-калиевой специализацией, сопоставляемые с ядрами антиклинальных складок, выполненных преимущественно мергелистыми отложениями ордовика (толлевская свита). Следует отметить, что верхняя часть разреза (верхний силур – девон), как в южной, так и в переходной зонах представлены преимущественно доломитами, которые хорошо выделяются (на картах содержаний) по весьма низким содержаниями тория и калия. Среди геологов вопрос о границах фациальных зон является дискуссионным, а на радиогеохимической карте эта граница устанавливается по смене преимущественно урановой специализации пород на ториевую.

Таким образом, с помощью только аэрогамма-спектрометрических материалов выявлены основные элементы геологического строения территории. А в комплексе с магнито- и гравиразведочными данными получена предварительная, достаточно детальная геологическая схема для проведения геолого-съёмочных работ (рис. 4).

Почему стало возможным сопоставить физические измерения, отстоящие друг от друга по времени на двадцать лет, и получить качественные результаты, позволившие создать современную кондиционную геофизическую основу Госгеолкарты-200/2.

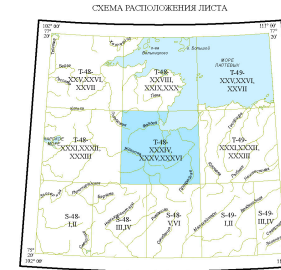
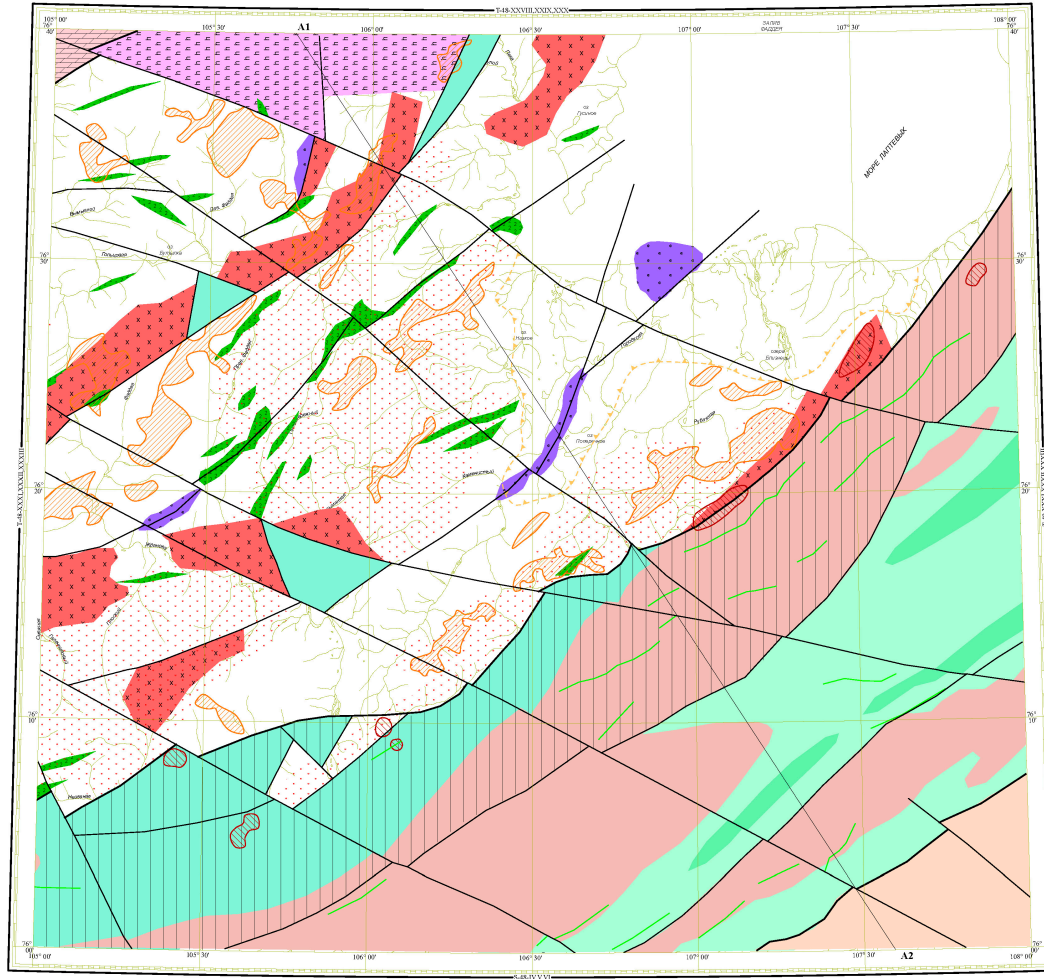
Во-первых, это теоретические основы гамма-спектрометрии, разработанные Российскими учеными, во-вторых, – мощный интеллектуальный потенциал, нашедший отражение в синтезе научных достижений различ-

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное агентство по недропользованию
СХЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

2015 г.

Масштаб 1 : 200 000

T-48-XXXIV,XXXV,XXXVI



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- Четвертичные образования повышенной мощности: фоновые содержания К, Th, U; слабоэкстрактивные К-ая и Th-ая радиогеохимическая специализация пород
- Триасовый габбро-долеритовый комплекс – силлы и дайки долеритов, габбро-долеритов: линейные локальные положительные магнитные аномалии средней интенсивности
- Верхнекаменноугольно-пермские терригенные отложения – песчаники, алевролиты, аргиллиты: высокие содержания К, Th, преимущественно U-K-ая радиогеохимическая специализация пород
- Верхнесилурийско-девонские карбонатные отложения – преимущественно доломиты: низкие и аномально низкие содержания К, Th, U; Th-ая и U-Th-ая радиогеохимическая специализация пород
- Ордовиско-силурийские карбонатные отложения – известняки, доломиты, мергели: повышенные содержания К, Th, преимущественно Th-ая и U-Th-ая радиогеохимическая специализация пород
- Нижнеордовисские терригенно-карбонатные отложения, преимущественно мергели: повышенные содержания U, K-U-ая радиогеохимическая специализация пород
- Комбрийско-девонские терригенные отложения, преимущественно алевролиты, аргиллиты ультрабазиты: высокие содержания U и повышенные Th, U-ая и K-U-ая радиогеохимическая специализация пород
- Рифейские карбонатные отложения – преимущественно доломиты: низкие и аномально низкие содержания К, Th, U; U-Th-ая радиогеохимическая специализация пород
- Протерозойский габбровый комплекс – пироксениты, габбро, долериты: линейные локальные положительные магнитные аномалии высокой и средней интенсивности
- Протерозойский гранитовый комплекс – граниты: локальные гравиметрические отрицательные аномалии, повышенные содержания К, Th, U; существенно K-ая радиогеохимическая специализация пород
- Протерозойский гипербазитовый комплекс – серпентиниты: линейные локальные высоконтентивные дипольные магнитные аномалии
- Архейский (?) комплекс гранитовый – гнейсовидные граниты: повышенные значения поля силы тяжести, повышенные содержания К, Th, U; преимущественно Th-ая специализация пород
- Гранитизированные породы: пониженные значения гравитационного поля, высокие значения радиоактивности
- Переставление карбонатных и черсланцевых отложений: ярко выраженная U-ая и Th-U-ая радиогеохимическая специализация пород
- Участки максимального проявления калиевого метасоматоза: аномалии надфоновых содержаний калия
- Локальные высоконтентивные аномалии урана
- Разрывные нарушения главные: 1 – Дорозинский, 2 – Пясинно-Фаддеевский, 3 – Потраничный
- Разрывные нарушения прочие
- A1-A2 Линия геолого-геофизического разреза

Использованное программное обеспечение:
QGIS/8 топик (Базовый Век) Version 7.1 – трансформация полей
Arc GIs (Arc Map 10.0) – цифровая карта
Adobe Reader – макет печати

Карта составлена в проекции Гусса-Крюгера
Эллипсоид Красовского
Осевой меридиан 106°30'

Цифровая топооснова: ФГУ НИИ «Росгеофонд» 2014 г.
Топоэтикс 1986 г. издания

Нормальный формат ФГУП «ВСШЕГЭ»	Отчет: «Создание геофизических основ Геологической карты 200 листов S-45-IX, X, XXIV (Огульская площадь); S-45-XIII, XVII, XVIII (Ленинская площадь) T-48-XXXI-XXXIII, XXXIV-XXXVI (Фаддеевская площадь)»	
	Государственный контракт №205 от 13.09.2014 г.	
Приложение 9	Схема комплексной интерпретации геофизических данных	
Лист	Масштаб 1:200 000	
Составил:	Ошищенко А.Н.	
Компьютерное оформление:	Перелогин С.Ю.	

Карта составлена
Авторы: Ошищенко А.Н.
Редактор: Белев Д.А.
Компьютерное оформление: Перелогин С.Ю.



Карта утверждена геофизической службой НРС по геологическому картированию Роснедра
№ 20_г. Протокол №...

Рис. 4. Схема геолого-геофизической интерпретации

ных областей знания и вложенный в конструктивные особенности Отечественной аппаратуры Российскими учеными и конструкторами. В-третьих, высокие достижения в научно-исследовательских и конструкторских работах, лежащие в основе инструктивных документов и нормативных материалов, регламентирующих проведение полевых и камеральных работ по производству аэрогеофизической съемки. И, наконец, последнее, – строгое соблюдение инструктивных и нормативных требований при производстве работ.

Выводы

1. Необходимо обратить пристальное внимание на проблему геофизического приборостроения. Надо найти способ связать эту очень важную сферу воспроизводства и улучшения структуры минерально-сырьевой базы Российской Федерации с инвестиционной активностью главного субъекта хозяйствования – с государством, чтобы в этой сфере народного хозяйства в полную силу проявился *интегрированный механизм инвестиционного мультипликатора и акселератора*, который указан в коллективной монографии под общей редакцией С.Е. Донского и академика А.И. Татаркина [3]. Такой механизм в настоящее время отсутствует.
2. Для снятия аппаратурной зависимости Российской аэрогеофизики от зарубежных поставок, сегодня необходимо наладить конструирование и производство малогабаритной, менее энергоемкой аэрогеофизической аппаратуры на современной микроэлементной базе, которую могут разработать и поставить российские компании, при условии стабильного и достаточного финансирования. В частности, надо наладить производство наиболее перспективных для аэрогамма-спектрометрических исследований поликристаллических сцинтилляторов йодистого натрия. Требуется не только организация адресных инвестиционных проектов, способных обеспечить выживание геофизического приборостроения в России, но также меры по стимуляции и долговре-

менному устойчивому развитию рыночных отношений в этой сфере внутри страны.

3. В связи с проблемой значительного роста стоимости аэрогеофизических работ из-за чрезвычайно высоких цен за аренду воздушных носителей аппаратуры, необходимо использовать более дешевые летательные аппараты. В любом случае, мы обязаны целеустремленно идти по пути снижения массы и габаритов аппаратуры. Возможно в ближайшем будущем мы сможем использовать так же и беспилотные летательные аппараты. Этот вопрос требует коллективных исследований специалистов самых разнообразных отраслей знания. Для аэрогамма-спектрометрической аппаратуры основной объемной и массу составляют детекторы гамма-излучения. Единственный путь решения задачи уменьшения их объема и веса без потери точности измерений – применение детекторов с лучшим спектральным разрешением и большей плотностью вещества сцинтиллятора.

Мы полагаем, что при соблюдении этих условий, результат не замедлит сказаться в выпуске отечественной аэрогеофизической аппаратуры, которая будет успешно (как это было и раньше) конкурировать с лучшими зарубежными аналогами.

Литература

1. Храмов Д.Г. *Перспективы развития геологической отрасли на основе долгосрочной геологической программы // Российский геофизический журнал. – 2012. – № 51–52. – С. 4–7.*
2. *Аэрогеофизические технологии – эффективное средство решения геологических задач при оценке ресурсного потенциала территорий / Р.С. Контарович и др. ; ГНПП Аэрогеофизика // Разведка и охрана недр. – 2006. – № 3. – С. 49–54.*
3. *Научно-методические подходы к обеспечению государственной политики развития минерально-сырьевого комплекса Российской Федерации / под ред. акад. А.И. Татаркина, С.Е. Донского. – М. : Геоинформмарк, 2014. – 816 с.*