

уплощенных водораздельных поверхностей, так и в средних и нижних частях склонов с учетом детальной дифференциации (районирования) перепоисковываемых площадей по применимости методов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурдэ Б.И., Грехнев Н.И. Крупномасштабное ландшафтно-геохимическое картирование и районирование для определения условий ведения и интерпретации результатов поисков в горно-таежных ландшафтах / Вторичные ореолы рассеяния и их использование при поисках рудных месторождений на территории Сибири. — Улан-Удэ: Бурятское книжное издательство, 1973. — С. 167–181.
2. Дмитриев А.А., Максимов В.К., Паздеев И.Н. Дефлюкционно-суффозионные ореолы как индикаторы слабопроявленного уранового оруденения в горно-таежных мерзлотных ландшафтах // Материалы по геологии урановых месторождений, 1977. — Вып. 47.
3. Жбанов Э.Ф. Условия проведения и стандартизация геохимических поисков по вторичным ореолам в горноскладчатых районах Сибири: Автореф. дис. канд. геол.-минер. наук. — Иркутск, 1982.
4. Загоскин В.А., Загоскина Е.И., Мясников А.А. Процессы образования вторичных ореолов рассеяния рудных месторождений на горных склонах таежных районов Иркутской области / Вторичные ореолы рассеяния и их использование при поисках рудных месторождений на территории Сибири. — Улан-Удэ: Бурятское книжное издательство, 1973. — С. 108–119.
5. Мясников А.А. Геохимические ландшафты и районирование Прибайкалья по условиям эффективного применения геохимических поисков: Автореф. дис. канд. геол.-минер. наук. — Иркутск, 1973.
6. Мясников А.А. Ландшафтно-геохимическое районирование горноскладчатого обрамления Иркутского амфитеатра по условиям применения геохимических методов поисков / Вторичные ореолы рассеяния и их использование при поисках рудных месторождений на территории Сибири. — Улан-Удэ: Бурятское книжное издательство, 1973. — С. 181–185.
7. Мясников А.А., Дмитриев А.А., Дзядок С.А. Проявленность урановых месторождений во вторичных литохимических ореолах рассеяния в горно-таежных ландшафтах Забайкалья / Прикладная геохимия: Материалы науч. конф. — Вып. 8. — М., 2008. — С. 187–204.
8. Поликарпочкин В.В. Вторичные ореолы и потоки рассеяния. — Новосибирск: Наука, 1976.
9. Тайсов Т.Т., Жбанов Э.Ф. Применение геохимических методов поисков в ландшафтных условиях Бурятской АССР. — Иркутск: СибГЕОХИ, 1971.

© Мясников А.А., Дундуков Н.Н., Дмитриев А.А., 2015

Мясников Александр Алексеевич // sosna3@irk.ru
Дундуков Николай Николаевич // Dundukov@urangeo.ru
Дмитриев Александр Александрович

УДК 495.044 (571.53)

Кислюченко Г.А., Царук И.В. (ФГУП «Урангео»
БФ «Сосновгеология»)

СТРУКТУРНЫЕ И РАДИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ОКУНАЙСКОМ РУДНОМ УЗЛЕ АКИТКАНСКОГО ПУРР

Урановорудные объекты Окунайского рудного узла характеризуются отчетливо проявленными закономерностями их локализации, что выражено в приуроченности практически всех известных к настоящему времени рудопроявлений к участкам сопряжения тектонических зон субширотного и северо-западного простираения. Радиогеохимические факторы определяются положением рудопроявлений урана в специфических аномальных блоках с дифференцированным распределением радиоэлементов с аномально высокими их концентрациями. Ключевые слова: уран, поиски, закономерности локализации оруденения.

Kisluchenko G.A., Tsaruk I.V. (Urango CF «Sosnovgeologiya»)

STRUCTURAL AND RADIO-GEOCHEMICAL PECULIARITIES OF LOCALIZATION OF URANIUM MINERALIZATION IN OKUNAYKA ORE CLUSTER OF AKITKAN PUOR

Uranium ore objects of Okunayka ore cluster characterized by obvious peculiarities of their localization. These peculiarities are expressed in points of almost all of the known occurrences for relation to crossing of sublatitudinal and North-West tectonic zones. Radio-geochemical factors are determined by the position of the uranium occurrences in specific anomalous blocks with strong differentiated distribution of radioelements with abnormally high concentrations of these elements. Key words: uranium, prospecting, peculiarities of localization of mineralization.

Акитканский потенциально урановорудный район (ПУРР), расположенный на севере Иркутской области, включает в себя два мелких месторождения урана (Алый Парус и Безымянное), 50 рудопроявлений и несколько сотен точек минерализации урана и аномалий радиоактивности. Все указанные объекты сгруппированы в восемь урановорудных узлов, локализованных в зоне влияния двух региональных глубинных разломов: Западно-Акитканского и Большеминьского.

Окунайский рудный узел находится в южной части Акитканского ПУРР; здесь выявлено 10 рудопроявлений урана и значительное количество радиоактивных аномалий преимущественно урановой, реже смешанной торий-урановой природы (рис. 1). Окунайский узел имеет ряд существенных отличий от расположенных севернее урановорудных узлов — Домугда-Черепаныховского, Кутимского, Безымянского, Чайского и др.

Отличия заключаются в следующем: вышеперечисленные узлы локализованы в вулканогенно-осадочных образованиях акитканской серии позднекарельского возраста, в основном в вулканитах трахириолитового, трахидацитового, трахиандезитового состава повышенной щелочности, объединенных в хибеленскую свиту, реже — в терригенных образованиях малокосинской свиты позднего карелия. В Окунайском урановорудном узле рудопроявления локализованы в трех разнородных структурно-вещественных комплексах: раннекарельских гранитах кутимского комплекса*, зеленокаменных метаморфогенных образованиях большеминьской толщи раннего карелия и вулканитах хибеленской свиты. Есть также предпосылки обнаружения уранового оруденения в подошве малокосинской свиты.

Геолого-структурные особенности Окунайского урановорудного узла обусловлены положением его в зоне Большеминьского глубинного разлома, приуроченного к осевой части Акитканской структурно-формационной зоны. На площади, вмещающей Окунайский узел, выделяется довольно крупная купольная структура, сложенная лейкогранитами раннего карелия и мета-

* Булдыгеров В.В., Собаченко В.Н. Проблемы геологии Северо-Байкальского вулканоплутонического пояса. — Иркутск: Изд-во ИГУ, 2005.

морфитами большеминьской зеленокаменной толщи. Последние выполняют провесы кровли гранитного купола, образуя ксенолиты и поля различных размеров, выступая в отдельных частях площади в качестве основного геологического фона. Толща метаморфизована в условиях фации зеленых сланцев и состоит из двух частей: верхней и нижней. Нижняя часть ее сложена туфопесчаниками, кремнистыми туфосланцами, кварци-

тами, metabазальтами и спилитами. Верхняя часть представлена туфосланцами, метаэффузивами кислого состава и их туфами. Зеленокаменные породы и лейкограниты с несогласием перекрываются терригенно-вулканогенными образованиями малокозинской и хибеленской свит.

Две основные ветви Большеминьского глубинного разлома — Медвежевский и Кедровый — в пределах Окунайской площади имеют северо-северо-восточное до субмеридионального простирание и являются рудоконтролирующими структурами. Окунайский гранитный купол ограничен вышеуказанными разломами с запада и востока. Рудопроявления урана локализованы преимущественно в оперяющих разрывных нарушениях более высоких порядков, имеющих чаще всего северо-западное либо субширотное простирание. Часть объектов размещается непосредственно в зонах Медвежевского (рудопроявление Медвежье) и Кедрового разломов (рудопроявления Осеннее, Окунайское, Соболиное), на участках их пересечения северо-западными, субширотными и северо-восточными нарушениями.

Морфологический тип уранового оруденения площади — трещинно-жильный, прожилковый, линзообразный, вкрапленный. Руды сложены в большинстве случаев настураном и уранинитом, с развитием по ним в зоне окисления коффинита, урановых черней, уранофана, отенита и казолита. На рудопроявлениях Кедровом и Туманном руды сформированы уранинитом, ураноторитом, торитом, урансодержащим ортитом.

Околорудные гидротермально-метасоматические изменения представлены ранними кварц-калишпатовыми метасоматитами, с наложенными кварц-хлорит-гематит-альбитовыми метасоматитами (эйситами), в контуре которых и развивается оруденение.

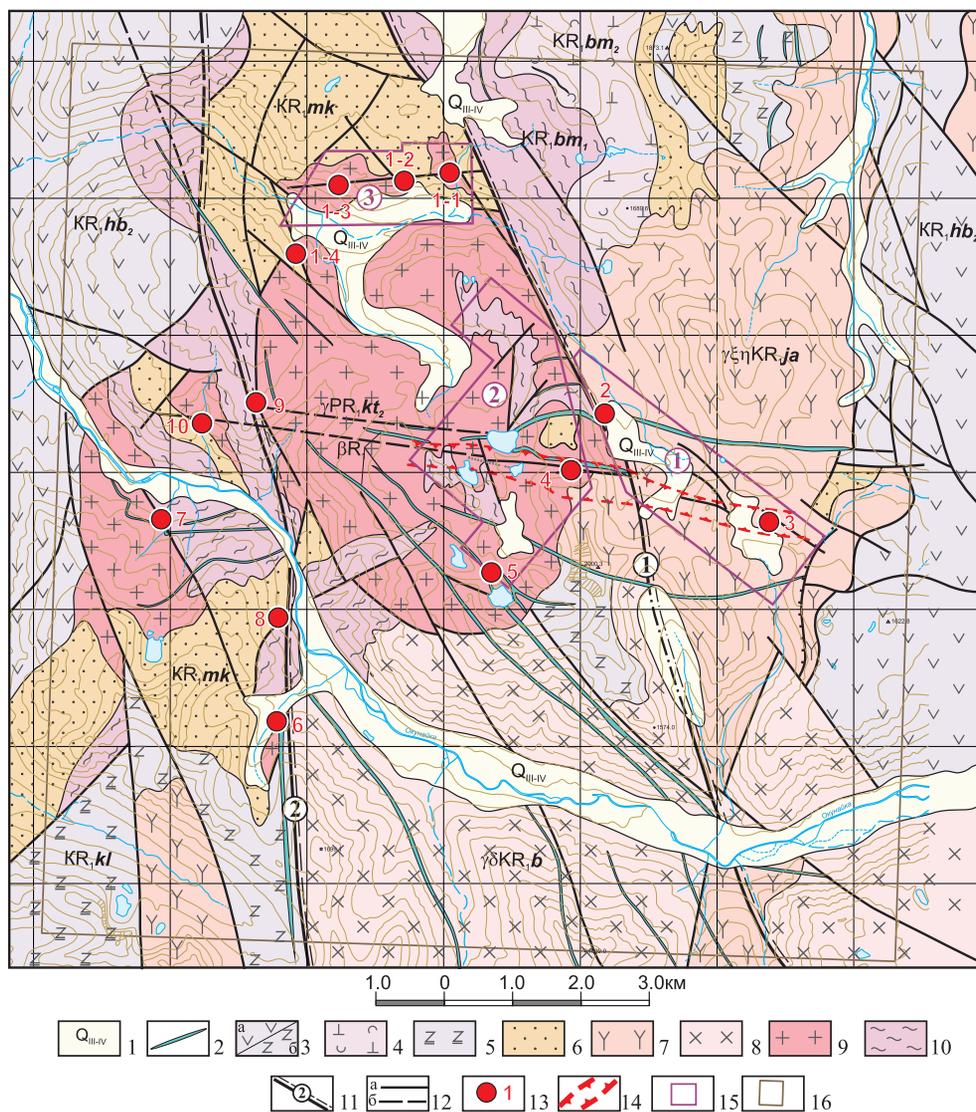


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Окунайской площади: 1 — четвертичные отложения нерасчлененные; 2 — поздний карелий, чайский интрузивный комплекс (KR₂čs) — габбро-долериты, габбро (дайки); 3–4 — поздний карелий, хибеленская свита (KR₂hb): 3 — риолиты (а), дациты (б), 4 — туфы дацитов; 5 — поздний карелий, куленянская свита (KR₂kl) — дацитовые порфиры, трахидациты; 6 — поздний карелий, малокозинская свита (KR₂mk) — песчаники кварцевые, аркозовые, гравелиты, конгломераты; 7 — яральский субвулканический комплекс — граносиениты, гранодиориты кварцевые гранодиорит-порфиры; 8 — ранний карелий, кутимский интрузивный комплекс (KR₁kt) — граниты разнозернистые лейкократовые, гранит-порфиры; 9 — ранний карелий, большеминьская толща (KR₁bm) — метаэффузивы, туфосланцы, песчаники, кварциты, сланцы кварц-серцит-хлоритовые; 10 — ранний карелий, большеминьская толща (KR₁bm) — метаэффузивы, туфосланцы, песчаники, кварциты, сланцы кварц-серцит-хлоритовые; 11 — разломы первого порядка: 1 — Медвежевский, 2 — Кедровый; 12 — прочие разломы: а — установленные, б — предполагаемые; 13 — рудопроявления урана: 1 — Новомедвежье (участки: 1–1 — Восточный, 1–2 — Центральный, 1–3 — Западный, 1–4 — Южный), 2 — Медвежье, 3 — Купольное, 4 — Пятиозерное, 5 — Скалистое, 6 — Окунайское, 7 — Туманное, 8 — Осеннее, 9 — Соболиное, 10 — Кедровое; 14 — урановая радиогеохимическая зона; 15 — контуры участков детальных работ БФ «Сосновгеология» в 2013–2014 гг.: 1 — Купольный, 2 — Пятиозерный, 3 — Новомедвежий; 16 — контур лицензионной площади

Структурные факторы локализации уранового оруденения. Основными структурными факторами рудо локализации на Окунайской площади являются крутопадающие разрывные нарушения различных порядков, представленные зонами интенсивной трещиноватости, дробления, катаклаза и брекчирования, ядерные части

брахиантиклинальных складок (на участках развития осадочно-метаморфогенных образований), экзоконтакты даек габбро-долеритов.

По результатам поисковых работ БФ «Сосновгеология», проведенных в 2013–2014 гг., были получены новые данные, касающиеся особенностей рудо локализации на

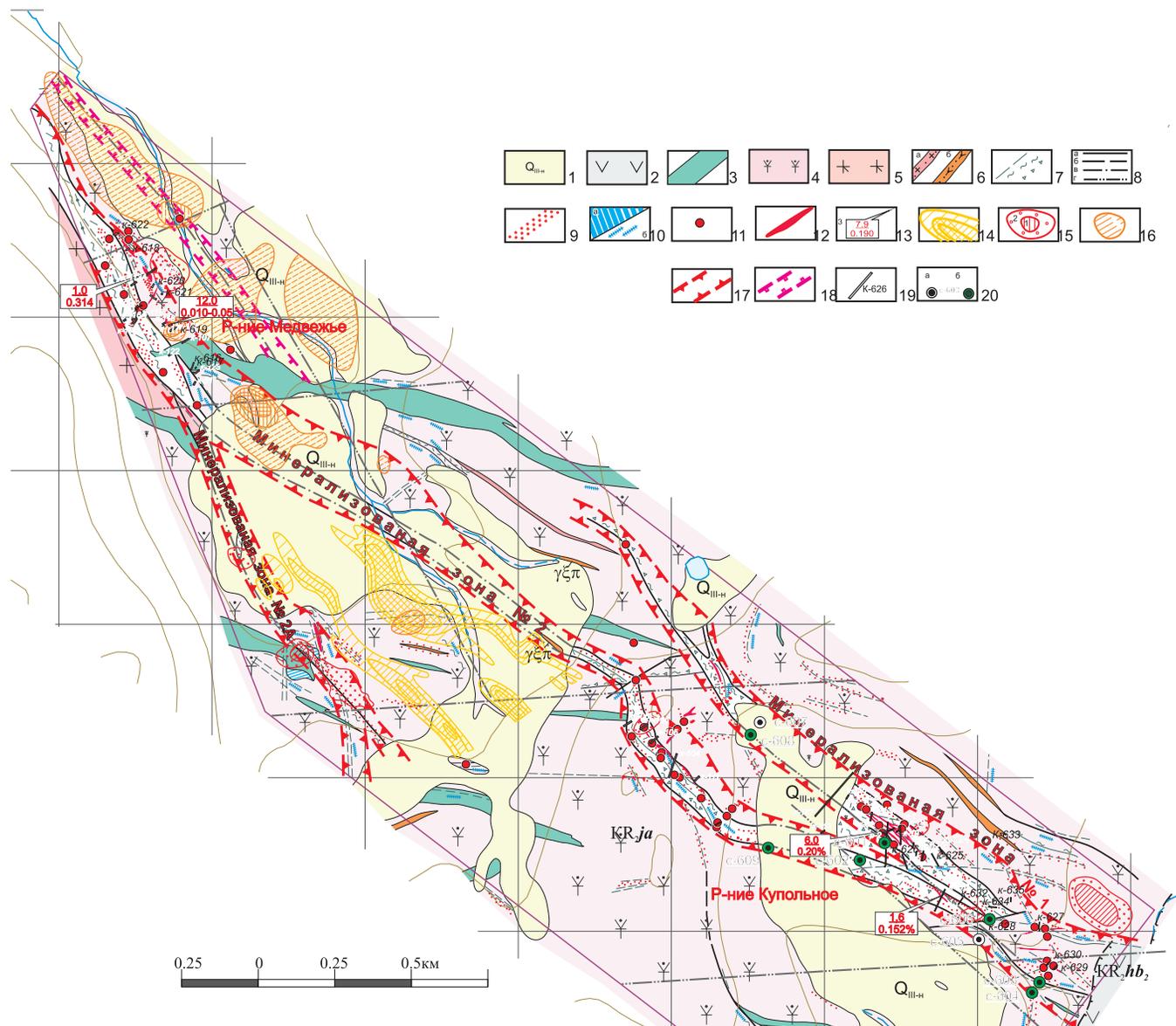


Рис. 2. Схематическая геологическая карта участка Купольный:

1 — четвертичные отложения нерасчлененные — аллювиальные галечники, валунники, гравий, делювиально-коллювиальные образования, водно-ледниковые, валунно-галечно-глинистые отложения; 2 — поздний карелий, хибеленская свита, средняя подсвита (KR₂ hb₂) — риолиты, риодациты, трахириолиты, фельзит-порфиры, туфы; 3 — поздний карелий, чайский интрузивный комплекс (KR₂ čs) — габбро-долериты, габбро (дайки); 4–6 — поздний карелий, яральский комплекс (KR₂ ja): 4 — субинтрузивная фация — гранодиориты, граносиениты, гранодиорит-порфиры, редко сиениты и граниты, их порфирировидные разновидности, 5 — субвулканическая фация — гранит-порфиры, граносиенит-порфиры, 6 — дайки гранодиорит-порфира (а), граносиенит-порфира (б); 7 — зоны трещиноватости, катаклаза, рассланцевания, милонитизации, брекчирования; 8 — разломы: а — установленные, б — предполагаемые, в — перекрытые четвертичными отложениями, г — выделенные по данным магниторазведки; 9 — зоны кварц-калишпат-гематитовых (с альбитом) метасоматитов (кирпично-красные, розово-красные метасоматиты); 10 — зоны метасоматического и интенсивного жильного окварцевания (а), жилы и прожилки кварца (б); 11 — аномалии радиоактивности; 12 — рудные зоны (рудные тела) с содержанием урана >0,01 %; 13 — высокие концентрации урана по данным бороздowego опробования (в числителе — мощность, м; в знаменателе — содержание, %); 14 — ореолы аномальных значений плотности треков (ЭТМ) — 600–1000 тр/мм² на фоне 100–400 тр/мм²; 15 — ореолы радиоактивности по данным шпуровой гамма-съемки: 1 — 100–200 мкр/ч, 2 — 80–100 мкр/ч; 16 — ореолы САН (30–60 бкр/л); 17 — основные ураноносные зоны; 18 — предполагаемые ураноносные зоны, скрытые под наносами; 19 — каналы; 20 — скважины: а — безрудные, б — вскрывшие забалансовое оруденение

наиболее представительных объектах площади: рудопроявлениях Пятиозерном, Медвежьем, Купольном, Новомедвежьем, Скалистом.

Купольное рудопроявление (рис. 2) расположено в восточной части Окунайского рудного узла. Вмещающими породами являются позднекарельские граносиениты — гранодиориты яральского комплекса. Урановое оруденение локализовано в двух зонах интенсивного катаклаза, трещиноватости и рассланцевания северо-западной ориентировки (азимут простирания 290–320°) в контуре развития кварц-щелочных метасоматитов (калишпатитов и эйситов). Рудные зоны, включающие в себя серию гнезд и линзовидных тел незначительной протяженности с содержаниями урана от 0,01% и выше, прослежены на протяжении более 2 км. Наибо-

лее богатые оруденелые участки (до 0,2–0,4 % урана), вскрытые с поверхности канавами и расчистками, размещаются на сопряжении северо-западных зон рассланцевания и объемного катаклаза, реже брекчирования и субширотных зон повышенной трещиноватости и катаклаза. Эта закономерность прослеживается на всем протяжении вышеуказанных минерализованных зон. Более наглядно это отражается результатами интерпретации магнитной съемки (рис. 3). Наиболее интенсивно оруденение тяготеет к интенсивно тектонизированному центральному блоку участка, где развиты субширотные и северо-западные, наиболее отчетливо проявленные нарушения, осложненные северо-восточными структурами. Аналогичная картина наблюдается и на крайнем юго-восточном фланге

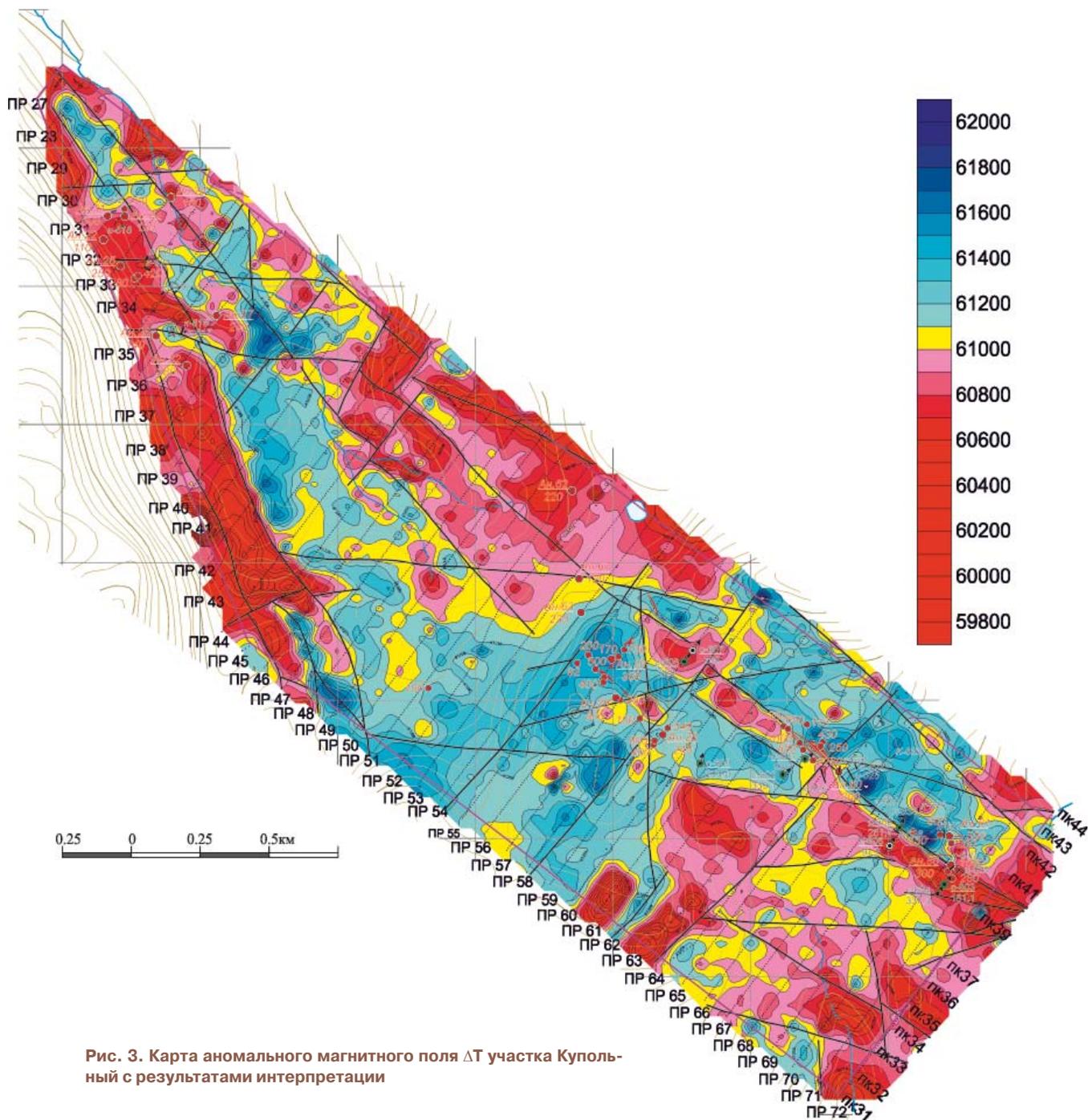


Рис. 3. Карта аномального магнитного поля ΔT участка Купольный с результатами интерпретации

участка. На северо-западном фланге рудопроявления кроме перечисленных структур установлено наличие субмеридионального нарушения. В целом для рудопроявления характерно сложнодифференцированное магнитное поле с развитием линейно ориентированных, реже изометричных отрицательных аномалий и небольших по размеру положительных аномалий, чаще всего изометричной формы.

Медвежье рудопоявление (рис. 2) расположено на участке сопряжения второй минерализованной зоны, вмещающей ряд рудных тел рудопоявления Купольного, с основной ветвью глубинного Медвежевского разлома. Общий структурный план участка рудопоявления аналогичен таковому участка рудопоявления Купольного: наличие разрывных нарушений северо-западной ориентировки, пересекаемых сериями субширотных и северо-восточных структур, уверенно фиксируемых как горно-буровыми методами, так и методами структурной геофизики. Собственно сам Медвежеский разлом (азимут 320–340°) вмещает незначительную долю оруденелых зон рудопоявления. Подавляющая часть рудных тел этого рудопоявления локализована в оперяющих северо-западных (300–310°), частью в субширотных зонах трещиноватости и объемного катаклаза. Субширотная разрывная тектоника подчеркивается наличием мощной дайки габбро-долеритов и более мелких непротяженных жил, служащих геохимическим барьером для осаждения урана из рудообразующих растворов. В ряде случаев урановое оруденение наблюдалось не только в экзоконтакте тел габбро-долеритов, но и непосредственно в самих телах основных пород, что было установлено в результате проходки канав в 2014 г.

Магнитное поле участка рудопоявления сложнодифференцированное знакопеременное. Медвежеский разлом выделяется мощной (150–200 м) линейно ориентированной отрицательной аномалией, осложненной субширотными «заливами», отражающими зоны разломов и дайки габброидов широтного простирания. К северо-востоку от него фиксируется ряд изометричных положительных и отрицательных аномалий, указывающих на сложное блоковое строение данного участка.

Пятиозерное рудопоявление (рис. 4) находится в восточной части одноименного участка детальных геолого-геофизических работ, выполненных в 2014 г. БФ «Сосновгеология». Рудопоявление включает в себя ряд разобщенных изометричных в плане и линзовидных рудных тел, локализованных в интенсивно измененных мелко-среднезернистых ультраметаморфических лейкогранитах Окунайского купола, охватывающих участок общей площадью около 0,4 км². Представляется, что граниты образовались по метаосадочным породам большеминьской серии. Метасоматические изменения представлены калишпатизацией и эйситизацией.

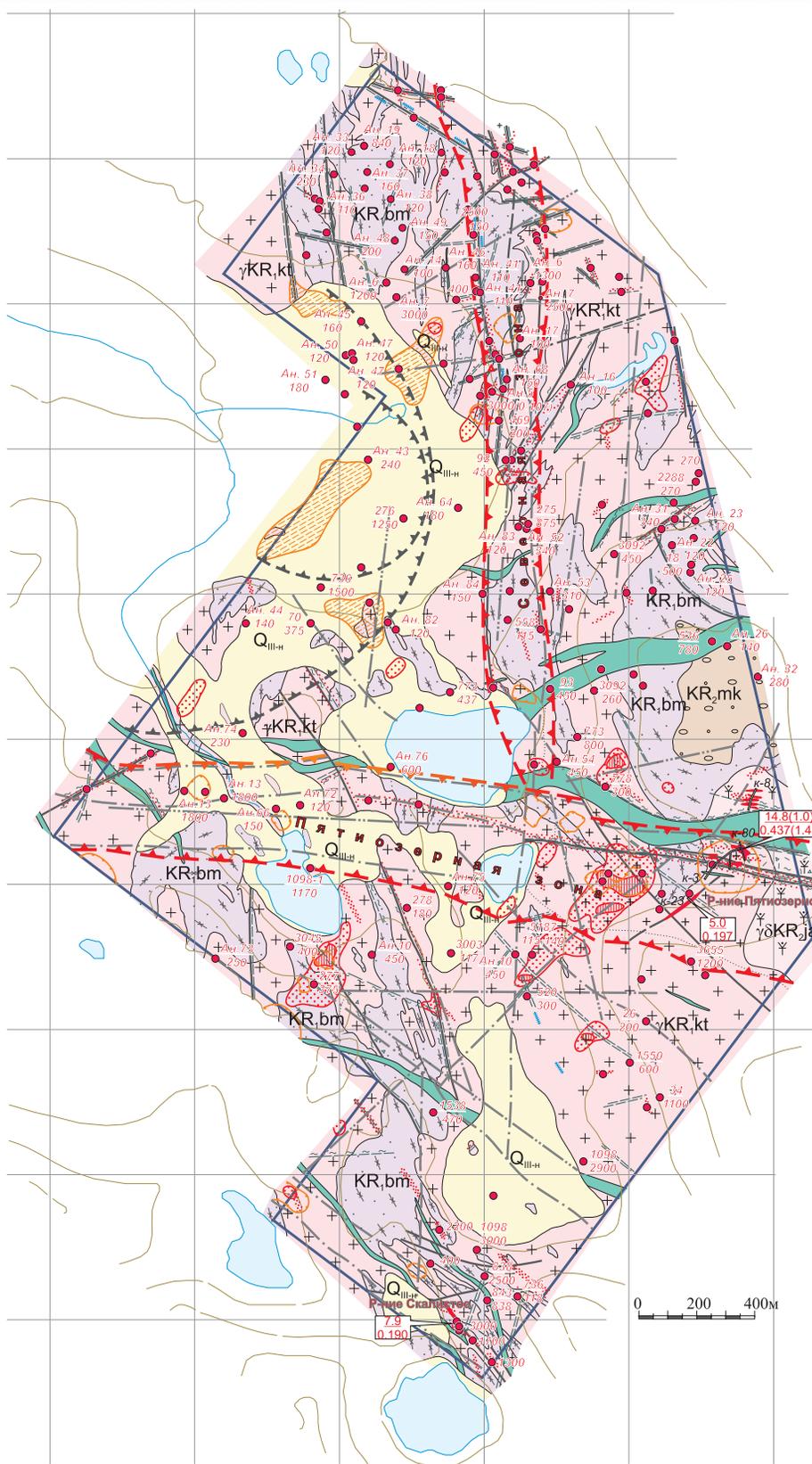
Основная рудовмещающая структура — зона субширотного разлома мощностью от первых десятков метров до 110 м сложена сериями крутопадающих зон расщепления, трещиноватости и интенсивного катаклаза. На участке рудопоявления она примыкает к южному

контакту мощной дайки габбро-долеритов, выступающей в качестве геохимического барьера при рудообразовании. Детальным геологическим картированием и методами структурной геофизики на участке установлены оперяющие основную структуру разрывные нарушения северо-западного направления и диагональные разломы — северо-восточного.

В целом рудные тела рудопоявления группируются в полосу северо-восточного направления, вытянутую на расстояние более 600 м. Наиболее рудонасыщенным является участок рудопоявления, расположенный в узле пересечения основной субширотной зоны разлома с северо-восточным нарушением, непосредственно вблизи контакта кровли метапесчаников большеминьской серии раннего карелия (?), в которых зафиксированы радиоактивные аномалии урановой природы интенсивностью до 300 мкР/ч. Предыдущими исследователями эти метапесчаники были отнесены к малокозинской (чайской) свите верхнего карелия и трактовались как несогласно залегающие на гранитоидах, однако фактов, свидетельствующих о несогласном налегании более молодых метапород на граниты, в пределах рудопоявления пока не выявлено. Наличие ксенолитов и провесов кровли метапород может указывать на экранирующую роль большеминьских песчаников и возможности выявления богатого уранового оруденения в их подошве песчаников и на контакте с лейкогранитами.

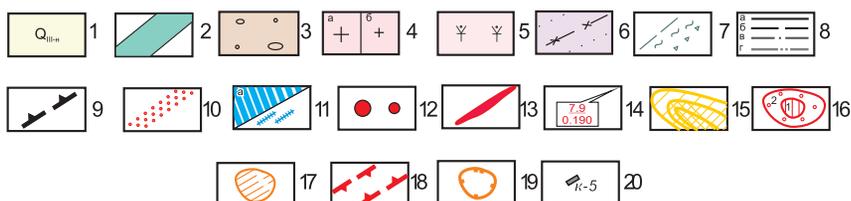
В 200 м к западу от центрального рудного блока выделяется интенсивно тектонизированный узел, образованный пересечением разнонаправленных разломов (субширотного, северо-восточных и северо-западных), к которому тяготеет группа радиоактивных аномалий интенсивностью 120–560 мкР/ч, площадная аномалия урана, выделенная по данным наземной гамма-спектрометрии, и крупный ореол радиоактивности по данным шпуровой гамма-съемки. В целом же в пределах изученного детального участка работ 2014 г. ураноносная субширотная Пятиозерная зона изучена геолого-геофизическими методами на расстояние более 2,5 км. Непосредственно к востоку от участка Пятиозерного вышеупомянутая зона фрагментарно прослеживается сериями зон трещиноватости и катаклаза, а западнее Медвежевского разлома — дайками габбро-долеритов и зонами катаклаза субширотного простирания с аномалиями радиоактивности до 100 мкР/ч и эманионными аномалиями САН, примыкая к минерализованной зоне № 2, вмещающей рудные тела Купольного рудопоявления. Таким образом, суммарная протяженность ураноносной Пятиозерной зоны в целом составляет около 4 км.

Новомедвежье рудопоявление урана представлено четырьмя разобщенными участками, образующими единую ураноносную зону (Западным, Восточным, Центральным и Южным), локализованными в пределах минерализованной зоны кварц-альбитовых метасоматитов, развитых по зонам брекчий и катаклизитов в северном экзоконтакте Окунайского массива лейкогранитов (рис. 1). Структурная позиция оруденелых участков рудопоявления определяется сочетанием северо-западной и северо-восточной систем разрыв-



ных нарушений в пределах субширотной зоны тектонических брекчий, фиксируемой методами структурной геофизики: магниторазведкой и электроразведкой СДВР. Ширина Новомедвежьей рудоносной зоны в пределах ее широтного отрезка составляет 700–800 м, к западу от руч. Медвежьего она меняет направление на северо-восточное при ширине до 1 км. Общая длина этой ураноносной зоны около 3,5 км.

Рис. 4. Схематическая геологическая карта участка Пятиозерный: 1 — четвертичные отложения нерасчлененные — аллювиальные галечники, валуны, гравий, делювиально-коллювиальные образования, водно-ледниковые, валунно-галечно-глинистые отложения; 2 — поздний карелий, чайский интрузивный комплекс (KR₂čs) — габбро-диабазы, габбро (дайки); 3 — поздний карелий, малокозинская свита (KR₂mk) — гравелиты, конгломераты, валунно-глыбовые конгломерки; 4 — ранний карелий, кутимский комплекс (KR₁kt) — лейкократовые граниты: а — крупнозернистые, б — мелко-, среднезернистые; 5 — яральский интрузивный комплекс (KR₂ja) — граносиениты, гранодиорит-порфиры, редко сиениты и граниты, их порфировидные разновидности; 6 — ранний карелий, большеминская толща (KR₁bm) — метапесчаники, микрокварциты, кремнистые туфосланцы, метаэффузивы основного состава, спилиты; 7 — зоны трещиноватости, катаклаза, расланцевания, милонитизации, брекчирования; 8 — разломы: а — установленные, б — предполагаемые, в — выделенные по геофизическим данным, г — линейные структуры, выделенные по СДВР; 9 — кольцевые структуры; 10 — зоны кварц-калшпат-гематит-альбитовых метасоматитов (кирпично-красные, розово-красные метасоматиты); 11 — зоны метасоматического и интенсивного жильного окварцевания (а), жилы и прожилки кварца (б); 12 — аномалии радиоактивности; 13 — рудные зоны (рудные тела) с содержанием урана >0,01 %; 14 — высокие концентрации урана по данным бороздowego опробования (в числителе — мощность, м; в знаменателе — содержание, %); 15 — ореолы аномальных значений плотности треков (ЭТМ) — 600–1000 тр/мм² на фоне 100–400 тр/мм²; 16 — ореолы радиоактивности по данным шпуровой гамма-съемки: 1 — 100–200 мкР/ч, 2 — 80–100 мкР/ч; 17 — ореолы САН (30–60 Бкр/л); 18 — основные ураноносные зоны; 19 — площадные аномалии урана по данным наземной гамма-спектрометрической съемки; 20 — каналы, пройденные в 1968–1977 гг.



Вышеописанные рудопроявления урана в настоящее время являются наиболее изученными, что позволяет использовать их в качестве своеобразных эталонных объектов при планировании дальнейших поисково-оценочных работ. По имеющимся на данный момент материалам на остальных шести рудопроявлениях урана структурно-тектонические условия рудолокализации примерно те же, что и на вышеописанных. Общим для них является локализация в краевых частях Окунайского гранитного массива (купола), за исключением рудопроявлений Купольного и Медвежьего, вмещающими для которых служат граносиениты — гранодиориты яральского комплекса.

Приведенные данные свидетельствуют об определяющей роли северо-западных и субширотных нарушений в локализации урановорудных объектов в пределах Окунайского рудного узла. При этом широтные структуры чаще всего являются рудоконтролирующими, а в качестве рудовмещающих чаще всего выступают разрывные структуры высоких порядков, преимущественно северо-западного направления. Примерами могут служить Новомедвежья группа рудопроявлений, где одноименная широтная зона брекчирования вмещает три ураноносных участка, приуроченных, как правило, к северо-западным локальным разломам; кроме того, подобная структурная обстановка установлена на рудопроявлениях Купольном, Медвежьем, Скалистом и др. Судя по всему, слабо изученные в настоящее время рудопроявления Соболиное и Кедровое находятся на западном фланге Пятиозерной ураноносной зоны, трассируемой к западу от участка Пятиозерного (рис. 1). Сами рудопроявления локализованы на пересечении упомянутой зоны с северо-западными разломами, опережающими глубинный Кедровый разлом.

Вторым структурным фактором, несомненно, оказывающим влияние на формирование уранового оруденения, можно считать наличие даек основного состава — габбро-диабазов, габбро-долеритов, относимых к чайскому интрузивному комплексу позднего карелия. Простираение их чаще всего северо-западное либо субширотное, что коррелируется с ориентировкой основных ураноносных зон. Внедрение этих даек происходило по разрывным нарушениям, заложенным в позднем карелии. Возраст уранового оруденения для месторождений и рудопроявлений Аakitканского ПУРР в большинстве определений варьирует в пределах 500–700 млн. лет, что примерно соответствует времени формирования чайского интрузивного дайкового комплекса. Таким

образом, парагенетическая связь между урановым оруденением и дайковым магматизмом не вызывает сомнения.

Третьим важным структурным фактором является наличие геологически неоднородных участков; в нашем случае это наличие ксенолитов и провесов кровли метаморфических пород в лейкогранитах кутимского комплекса, вмещающих большинство рудных объектов Окунайской площади. В метаморфических образованиях большеминьской толщи раннего карелия выявлено несколько аномалий радиоактивности интенсивностью от 100 до 740 мкР/ч, тяготеющих к зонам разрывных нарушений. Данный факт может свидетельствовать о наличии скрытого (слепого) оруденения, локализованного под подошвой метаморфических пород в гранитах Окунайского купола. Наличие разнородных геологических комплексов с резко различающимися физико-химическими свойствами может создавать благоприятную среду для локализации уранового оруденения. Кроме того, такая же благоприятная среда может быть сформирована в случаях несогласного налегания осадочных пород малокозинской свиты верхнего карелия на граниты.

Радиогеохимические факторы. Площадь, вмещающая Окунайский урановорудный узел, характеризуется высоким уровнем радиогеохимического поля. Комплексы пород, слагающих ее, являются высокоспециализированными на уран и торий. По данным АГСМ и наземной гамма-спектрометрической съемки в них установлены аномально высокие средние содержания урана и тория (таблица). В граносиенитах — гранодиоритах яральского комплекса среднее содержание урана составило $6,71 \cdot 10^{-4} \%$, тория $26 \cdot 10^{-4} \%$, в гранитах кутимского комплекса соответственно $8,5 \cdot 10^{-4}$ и $26 \cdot 10^{-4} \%$. Наиболее высокие средние содержания урана характерны для калишпатитов и эйситов — соответственно

Статистические параметры распределения РАЭ на Окунайской площади

Порода	N	Уран, г/т			Торий, г/т			Калий, %			Th/U
		x	σ	V	x	σ	V	x	σ	V	
Гранодиориты, граносиениты, их порфиоровые разности	167	6,71	3,22	48	26	8,7	33	3,71	3,1	83	3,9
Габбро-долериты	39	3,18	0,95	30	14,4	6,48	45	2,1	0,65	31	4,5
Рассланцованные тектониты, милониты, бластомилониты, катаклазиты зеленые, зеленовато-серые	36	5,2	1,82	35	20,4	8,6	42	3,7	0,7	19	3,9
Метасоматиты (калишпатиты) вишнево-бурые кварц-гематит-полево-шпатовые с серицитом и карбонатом	30	18,7	9,25	49	35,5	8,73	24	8,03	3,1	37	1,9
Эйситы	23	12,8	6,65	52	23,4	9,8	42	2,1	0,8	38	1,8
Лейкограниты (KR ₁ , kt)	73	8,5	3,5	41	27,7	10,7	39	2,7	3,2	118	3,2
Сланцы филлитовидные, кварциты, метаэффузивы, метапесчаники, ортосланцы (KR ₁ , bm)	74	4,64	1,74	38	17,2	7,53	43	1,67	1,38	82	3,7

$18,7 \cdot 10^{-4}$ и $12,8 \cdot 10^{-4}$ %, при торий-урановом отношении в них 1,9–1,8.

Этими же съемочными работами в пределах площади выявлены крупные площадные ореолы с содержаниями урана $(10-20) \cdot 10^{-4}$ % и тория $(30-60) \cdot 10^{-4}$ %. В целом в большинстве случаев по данным результатов АГСМ-съемки масштаба 1:50 000 урановые рудопроявления расположены в контуре высокорadioактивных пород с содержаниями урана $(15-20) \cdot 10^{-4}$ %, за исключением рудопроявлений Кедрового и Соболиного.

По результатам детальной наземной гамма-спектрометрии, выполненной в 2013–2014 гг., представляется возможность рассмотреть радиогеохимические закономерности локализации уранового оруденения более подробно на примере рудопроявлений Купольного, Медвежьего, Пятиозерного, Новомедвежьего и Скалистого, входящих в контур детальных поисковых работ участков Купольного и Пятиозерного.

Юго-западная часть участка Купольного, где локализованы минерализованные зоны № 1 и 2 одноименного рудопроявления, характеризуется интенсивно дифференцированным распределением радиоэлементов, содержания урана здесь варьируют в пределах $(3-20) \cdot 10^{-4}$ %, тория — $(15-35) \cdot 10^{-4}$ %. В целом здесь фиксируется локальный блок с аномальными концентрациями урана и тория. Характерно, что урановорудные тела рудопроявления Купольного располагаются по периферии ореолов с максимальными содержаниями тория и чаще всего в пределах высококонтрастных урановых ореолов $(9 \cdot 10^{-4}-20 \cdot 10^{-4}$ %). Участок рудопроявления Купольного расположен в пределах поднятого, довольно хорошо обнаженного тектонического блока с высотными отметками 1580–1700 м над уровнем моря. Северо-восточная часть участка Купольного, где размещается рудопроявление Медвежье, находится в пределах опущенного блока с высотными отметками 1250–1300 м. Для участка рудопроявления Медвежьего характерны низкие содержания тория во вмещающих породах: от $10 \cdot 10^{-4}$ до $20 \cdot 10^{-4}$ %, распределение его умеренно дифференцированное. Содержания урана также сравнительно невысоки и изменяются в широких пределах: от $3 \cdot 10^{-4}$ до $15 \cdot 10^{-4}$ %. Характерно наличие контрастных урановых ореолов, к которым тяготеют рудные тела Медвежьего рудопроявления. В целом же, распределение урана, по данным наземной гамма-спектрометрии интенсивно дифференцированное, что является положительным фактором для уранового рудообразования. Различия характеристик радиогеохимических полей рудопроявлений Медвежьего и Купольного объясняются положением их в различных тектонических блоках с неодинаковой степенью эрозионного среза. Предполагается, что участок рудопроявления Медвежьего слабо вскрыт эрозией, что существенно повышает его перспективность по сравнению с Купольным рудопроявлением.

Пятиозерное рудопроявление урана расположено на границе двух блоков с резко различными радиогеохимическими характеристиками. Непосредственно к югу от рудопроявления зафиксирован крупный ореол с аномальными концентрациями тория — $(28-42) \cdot 10^{-4}$ %, частично совпадающий с площадным ореолом урана с

содержаниями $(8-30) \cdot 10^{-4}$ %, в целом образующими аномальный блок с торий-урановой специализацией и дифференцированным распределением радиоэлементов. Само рудопроявление приурочено к площадной аномалии с содержаниями урана до $24 \cdot 10^{-4}$ % и аномально низкими содержаниями тория ($Th/U = 1-2$). Далее, к западу от рудопроявления прослежен ряд площадных аномалий преимущественно урановой природы, образующих широтно ориентированную аномальную радиогеохимическую зону шириной 300–600 м, прослеженную на расстояние более 2,5 км и совпадающую с серией широтных разрывных нарушений, контролирующих развитие уранового оруденения (вышеописанная одноименная ураноносная зона). В восточном направлении радиогеохимическая зона прослежена на 3 км до рудопроявления Купольного.

Скалистое рудопроявление расположено в 700 м к югу от вышеуказанного аномального торий-уранового блока. Рудопроявление приурочено к участку с развитием контрастных ореолов тория $(24 \cdot 10^{-4}-36 \cdot 10^{-4}$ %), и менее контрастных — урана $(6 \cdot 10^{-4}-12 \cdot 10^{-4}$ %). Оруденелая зона северо-западного простирания тяготеет к краевой части ториевого ореола на участке с его пониженными содержаниями $(18 \cdot 10^{-4}-24 \cdot 10^{-4}$ %).

Группа участков, составляющих Новомедвежье урановое рудопроявление, по своим радиогеохимическим характеристикам во многом совпадает вышеописанными участками. Рудные тела рудопроявления тяготеют к краевым частям высококонтрастных ореолов тория $(28 \cdot 10^{-4}-46 \cdot 10^{-4}$ %) и расположены обычно в контурах ореолов урана с содержаниями от $10 \cdot 10^{-4}$ до $26 \cdot 10^{-4}$ %.

Как видно из вышеприведенных данных, урановое оруденение площади тяготеет к специфическим блокам, обладающим аномальными радиогеохимическими свойствами: умеренно-интенсивно дифференцированным распределением РАЭ, аномальными концентрациями урана и тория, причем большинство объектов располагаются по периферии или в краевых частях ториевых зон и ореолов.

Выводы

1. Проведенными геолого-геофизическими исследованиями установлены основные структурные факторы рудолокализации: рудные тела известных к настоящему времени урановых объектов площади чаще всего приурочены к участкам сопряжения субширотных и северо-западных зон катаклаза, дробления, трещиноватости и расланцевания.

2. Выявлена рудоконтролирующая роль субширотных разрывных нарушений, представляющих собой серию субпараллельных зон трещиноватости, катаклаза и брекчирования. Мощность зон может достигать нескольких сотен метров, а протяженность — нескольких километров. Зачастую они сопровождаются дайками габбро-долеритов, выступавших в качестве своеобразных барьеров при движении рудоносных растворов.

3. Рудопроявления урана приурочены к участкам развития аномального радиогеохимического поля с дифференцированным распределением РАЭ. Специфической особенностью является локализация рудопроявлений урана в краевых либо периферийных ча-

стях ториеносных блоков. Вмещающие оруденение породы обладают аномально высоким кларком урана, околорудные метасоматиты (калишпатиты и эйситы) характеризуются аномально высокими содержаниями урана при пониженном торий-урановом отношении.

Выявленные закономерности позволят более целенаправленно проводить дальнейшие поисковые работы в пределах Окунайского урановорудного узла.

© Кислюченко Г.А., Царук И.В., 2015

Кислюченко Григорий Анатольевич // gan@urangeoorsk.ru
Царук Ирина Васильевна // tsaruk@urangeo.ru

УДК 553.495.04(470)

**Петров О.В., Миронов Ю.Б., Лебедева Г.Б.,
Пуговкин А.А., Шатов В.В. (ФГУП «ВСЕГЕИ»)**

«ПОВЕРХНОСТНЫЕ» МЕСТОРОЖДЕНИЯ — НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ УРАНА РОССИИ

Рассмотрены возможности формирования «поверхностных» урановых месторождений в связи с торфами для гумидной климатической зоны на примере США, Великобритании, Швеции и Российской Федерации. Ключевые слова: гумидная зона, «поверхностный» тип, торфяники, уран.

Petrov O.V., Mironov Yu.B., Lebedeva G.B., Pugovkin A.A.,
Shatov V.V. (VSEGEI)

**«SURFACE» URANIUM DEPOSITS — NEW TREND OF
DEVELOPMENT OF THE MINERAL RESOURCES BASE OF
URANIUM IN THE RUSSIAN FEDERATION**

The opportunities of the formation of the «surface» uranium deposits associated with peats of the humid climatic zone on the example of the United States, Great Britain, Sweden and the Russian Federation, were studied. Key words: humid zone, «surface» type, peatlands, uranium.

В практической деятельности зарубежных геологов в последние годы все большее внимание привлекает новый тип, так называемых «поверхностных» месторождений урана. Системная характеристика «поверхностных» месторождений урана впервые приведена в работе J.K. Otton [4]. Более поздние публикации отражают результаты поисковых работ в различных регионах мира [3, 4, 5, 7].

Доля «поверхностных» месторождений в мировых запасах урана в начале XXI века составляла около 10–13 %. Роль месторождений этого типа в общем балансе мировых запасов урана будет возрастать, благодаря высокой рентабельности их отработки, несмотря на ряд технологических проблем переработки руд (Кудрявцев, 1987).

«Поверхностные» урановые месторождения обнаружены в различных климатических зонах земного шара, в разных физико-географических ландшафтах. Наиболее значительные по масштабам рудные объекты, имеющие практическую ценность, установлены в настоящее время в аридных климатических зонах, где конт-

ролируются дренажными системами, включающими сухие русла и озерно-плайевые бассейны. В аллювиальных и озерных отложениях зон умеренного гумидного климата повышенные концентрации урана располагаются вдоль направленных потоков поверхностных и грунтовых вод, обогащенных ураном, на участках скопления органических остатков. В областях зонального или переменного-влажного климата ураноносные отложения и другие гипергенные породы, свойственные рудоконтролирующим дренажным системам аридных зон, и обогащенные органикой ураноносные речные и озерно-болотные отложения гумидных зон нередко пространственно сближены или пространственно совмещены [7].

В настоящее время существующие классификации не учитывают все известные типы «поверхностных» месторождений урана. Наиболее приемлемой считается классификация J.K. Ottona (1987), в которой «поверхностные» ураноносные образования по климатическим условиям формирования разделены на пустынные (аридные), гумидные, тропические и переходные. Практическое значение выделенных групп «поверхностных» месторождений различно. Для обширных территорий России наиболее актуальной является задача изучения ураноносности обогащенных органикой речных и озерных отложений областей с умеренным климатом (гумидная климатическая зона).

Гумидная климатическая зона является основной в Российской Федерации и представляет практический интерес для поисков месторождений урана «поверхностного» типа. Рудные концентрации урана в обстановках данного типа установлены в различных географических ландшафтах, обязательными компонентами которых являются потоки обогащенных ураном поверхностных или грунтовых вод и наличие на путях их транзита скоплений органического материала, обеспечивающего как аккумуляцию урана, так и формирование окислительно-восстановительных барьеров.

Масштаб «поверхностного» уранового оруденения в гумидных районах колеблется от 100 кг и более урана, содержащегося в тонком слое обогащенных органикой почв, до ≈1000 т. Содержание урана в ураноносных торфах Швеции (рис. 1) варьирует от сотых долей до 3 % (сухое основание), определяется концентрацией металла в «местных» грунтовых и поверхностных водах и процентным содержанием органического вещества в осадках [7].

Морфология «поверхностных» урановых месторождений в значительной степени контролируется формой тел вмещающих осадочных пород. Чаще всего рудные залежи образуются в пологозалегающих близповерхностных осадочных отложениях и имеют субгоризонтальную пластовую форму. В плане преобладают два морфологических типа: вытянутые, иногда извилистые тела, связанные с русловыми или долинными осадками и неправильные яйцевидные залежи, связанные с озерными и плайевыми. Основными породами-источниками урана для «поверхностных» урановых месторождений гумидных районов являются высокорadioактивные граниты, урансодержащие осадочные породы и, в меньшей степени, метаморфические породы.