2. Головин, А.А. Критерии локализации перспективных площадей при мелко-среднемасштабных геохимических работах / А.А. Головин, Г.С. Гусев, В.А. Килипко, Л.А. Криночкин // Разведка и охрана недр. — 2008. — № 4–5. — С. 50–58.

3. *Головин, А.А.* Геохимическая карта России масштаба 1:2 500 000 / А.А. Головин, Г.С. Гусев, В.А. Килипко и др. // Разведка и охрана недр. — 2010. — № 5. — С. 14–21.

4. *Головин, А.А.* Проблемы выявления, интерпретации и оценки рудогенных геохимических аномалий в сложных ландшафтно-геохимических условиях / А.А. Головин, Л.А. Криночкин, Т.В. Чепкасова // Разведка и охрана недр. — 2013. — № 8. — С. 6–12.

5. *Концепция* многоцелевого геохимического картирования территории СССР масштабов 1:1 000 000–1:200 000–1:50 000 / А.А. Головин, И.А. Морозова, Г.М. Беляев и др. — М.: ИМГРЭ, 1991. — 34 с.

6. *Литвиненко, В.С.* Возможности минерально-сырьевого потенциала России. Актуальные проблемы минерально-сырьевого комплекса / В.С. Литвиненко // Разведка и охрана недр. — 2002. — № 11. — С. 1–12.

7. *Методические* рекомендации к составлению легенд к полиэлементным геохимическим картам / Сост. Г.М. Беляев, С.Д. Великославский, Ю.В. Ильинский и др. — Л.: ВСЕГЕИ, 1985. — 140 с.

8. *Перельман, А.И.* Геохимия ландшафта / А.И. Перельман. — М.: Высшая школа, 1966. — 392 с.

9. *Требования* к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1 000 000 / А.А. Головин, А.И. Ачкасов, К.Л. Волочкович и др. — М.: ИМГРЭ, 1999. — 104 с. — 70 прил. 10. *Требования* к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:200 000 / А.А. Головин, Н.Н. Москаленко, А.И. Ачкасов и др. — М.: ИМГРЭ, 2002. — 92 с. — 90 прил.

11. *Reimann, C.* Environmental Geochemical Atlas of the Central Barents Region / C. Reimann, M. Ayras, V. Chekushin et al. — 1997.

12. *Salminen, R.* Geochemical Atlas of the Eastern Barents Region / R. Salminen, V. Checkushin, M. Tenhola et al. — 2004.

© Криночкин Л.А., Килипко В.А., 2016

Криночкин Лев Алексеевич // lkrinochkin@mail.ru Килипко Виктор Алексеевич // geochemmap@imgre.ru

УДК 551.242.11.31:550.84

Кременецкий А.А. (ФГУП «ИМГРЭ»), Морозов А.Ф. (Роснедра), Пилицын А.Г., Веремеева Л.И., Спиридонов И.Г. (ФГУП «ИМГРЭ»)

ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭВОЛЮЦИИ СТРУКТУРНО-ВЕЩЕСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ ЦИРКУМПОЛЯРНОЙ АРКТИКИ

На основе морфоструктурных исследований, геолого-геохимического картирования и корреляции геолого-геофизических разрезов главных структурно-вещественных комплексов российского полярного сектора Арктики и циркумполярной Арктики, разработана новая геологогеохимическая модель этого сегмента земной коры, согласно которой ее центральным элементом является субширотная глобальная трансарктическая зона палеозой-мезозойского плитного чехла в системе суша-море (Евразийское арктическое побережье-шельф, острова-глубоководное ложе СЛО-Северо-Канадское арктическое побережье). Зона заложена на месте глобальной области рифей-позднепротерозойского растяжения архейской коры Арктического мегакратона с последующим формированием в ее центральной части современного внутриматерикового бассейна СЛО. Ключевые слова: глубоководное ложе Северного Ледовитого океана, глобальная трансарктическая зона в системе: суша-море, палеозойский осадочный плитный чехол, геолого-геохимическая модель эволюции земной коры.

Kremenetskiy A.A. (IMGRE), Morozov A.F. (Rosnedra), Pilitsyn A.G., Veremeeva L.I., Spiridonov I.G. (IMGRE) GEOLOGICAL-GEOCHEMICAL MODEL OF THE STRUCTURAL-SUBSTANTIAL COMPLEXES OF THE CIRCUMPOLAR ARCTIC

On the basis of morphostructural studies and correlation of geological-geophysical sequences of the key structural-substantial complexes underlying the Russian polar Arctic sector and circumpolar Arctic, a new geological-geochemical model of this segment of the crust; in compliance with it, its central element is a sub-latitudinal global trans-Arctic zone of the Paleozoic-Mesozoic plate cover in the continent-sea system (Eurasian Arctic coast—shelf, islands—the Arctic Ocean bathyal—North Canadian Arctic coast). The zone's birthplace was a global-scale Neoproterozoic extension area developed in the Archean crust of the Arctic mega-craton; later within the central part of the area an inter-continental Arctic basin of the existing ocean evolved. **Keywords:** bathyal of the Arctic ocean, global trans-Arctic zone in the continent-sea system, Paleozoic sedimentary plate cover, geologic-geochemical model of the crust's evolution.

Настоящее исследование выполняется по госзаказу Роснедр в рамках объекта «Дополнение сводной геолого-картографической основы недр России и ее континентального шельфа геохимическими картами по территории российского сектора Арктики и прилегающих акваторий». Одна из приоритетных задач проекта — получение новых геолого-геохимических данных о строении и составе глубоководного ложа Северного Ледовитого океана (СЛО) для обоснования расширения внешней границы континентального шельфа России.

Напомним, что ключевым критерием такого обоснования являются не умозрительные модели, основанные на плейттектонических, плюмовых и прочих гипотезах, а максимально достоверная характеристика *современного* геолого-геофизического строения и вещественного состава пород в системе суша–море: арктическое побережье—шельф-острова—глубоководное ложе (поднятия и котловины СЛО).

Важнейшими направлениями исследований при этом являются:

1. Геолого-геохимическое картирование территории полярного сектора Арктики как основы пространственного районирования различных структурно-вещественных комплексов (СВК) в системе суша-море.

2. Корреляция геолого-геофизических разрезов и изотопно-геохимических характеристик различных СВК в системе суша-море.

3. Характеристика условий и возрастной последовательности формирования различных СВК в системе суша—море с реконструкцией истории геологического развития исследуемого сегмента земной коры.

Ниже приводятся предварительные результаты по каждому направлению.

На рис. 1 представлена карта геохимической специализации СВК российского полярного сектора Арктики. Карта составлена на базе «Схемы тектонического районирования России» [5] и включает геохимические характеристики 473 115 проб коренных пород и рыхлых отложений, отобранных в разные годы на арктическом побережье, шельфе, островах и в глубоководном ложе СЛО. Выделенные области геохимической специализации пород арктического побережья отражают неоднородности состава слагающих их СВК. При этом ряд геохимических областей арктического побережья (Восточно-Европейская и Сибирская платформы, мезозойские складчатые пояса) лишь частично продолжаются на прилегающий к ним шельф, тогда как области геохимической специализации молодой Западно-Сибирской платформы занимают весь Карскоморский шельф и глубоководное ложе СЛО, образуя единую трансарктическую зону геохимической специализации. Последняя указывает на площадное развитие осадочного плитного чехла в системе суша—море в направлении от Западно-Сибирской платформы через акваторию СЛО к Северо-Американской платформе.



Рис. 1. Карта геохимической специализации СВК российского полярного сектора Арктики в системе суша–море. Составлена А.А. Кременецким, А.Г. Пилицыным (ФГУП «ИМГРЭ», 2016 г.): 1 — древние платформы с R-PZ-MZ осадочным чехлом, шельф; 2 — молодые платформы с PZ-MZ осадочным чехлом, шельф; 2 — молодые платформы с PZ-MZ осадочным чехлом, шельф и подводные поднятия; 3 — складчатые системы, MZ; 4 — подводные хребты и котловины, P-N. Геохимические группы элементов: сидерофильная (C) — Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Ru, Rh, Pd, Re, Os, Ir, Pt; халькофильная (X) — Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Ag, Cd, In, Sb, Te, I, Au, Hg, TI, Pb, Bi; литофильная (Л) — Li, Be, B, C, N, O, F, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Sn, Cs, Ba, La, Ce, Yb, Hf, Ta, W, Th, U. CX — сидеро-халькофильная; СЛ — сидеро-литофильная; XC — халько-сидерофильная; XЛ — халько-литофильная; ЛХ — лито-халькофильная; ЛСХ — лито-сидеро-халькофильная



Рис. 2. Карта геохимической зональности рыхлых отложений российского полярного сектора Арктики в системе суша—море. Составлена А.А. Кременецким, А.Г. Пилицыным (ФГУП «ИМГРЭ», 2016 г.) по материалам ИМГРЭ, ВСЕГЕИ, ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ, МАГЭ, Севморгео и др. Геохимические ассоциации: 1 — Zr, Be (Ba, Ti, V); 2 — Mn, Mo, Co, Cr, Ni, Ag, (Cu, Zn); 3 — Y, Yb, Nb, Ge (Pb, Sn, As, Sb, Ga)



На рис. 2 представлена карта геохимической зональности рыхлых отложений российского полярного сектора Арктики. Она составлена по данным геохимического картирования арктического побережья и Евразийского шельфа в масштабе 1:1 000 000, а также донного опробования СЛО. Выделено три региональных геохимических зоны (1 – арктическое побережье, 2 — шельф, 3 глубоководное ложе СЛО), формирование которых обусловлено различными условиями накопления рыхлых отложений. Автохтонные — на арктическом побережье, аллохтонные — на шельфе и продукты глубокой дифференциации донных осадков — в глубоководном



Рис. 3. Долевое (отн. %) распределение главных типов пород в донно-каменном материале поднятия Менделеева и по геологическим разрезам осадочного плитного чехла Западно-Сибирской и Северо-Американской платформ: 1 — карбонатные; 2 — терригенные; 3 — вулканогенные породы

ложе СЛО. На Евразийских островах (Земля Франца-Иосифа, Северная Земля) и на подводных поднятиях СЛО (Ломоносова, Менделеева) фиксируются геохимические ассоциации, типичные для арктического побережья, что служит дополнительным подтверждением правомерности выделения трансарктической зоны осадочного плитного чехла в системе суша—море (рис. 1).

Правомерность предположения о площадном развитии осадочного плитного чехла в системе суша—море СЛО хорошо подтверждается корреляцией долевого участия главных типов мезозой-палеозойских пород (карбонатных, терригенных, вулканогенных), собранных при драгировании на поднятии Менделеева и вскрытых глубоким бурением на Восточно-Европейской, Западно-Сибирской и Северо-Американской платформах (рис. 3). Ранее А.Б. Роновым и А.А. Мигдисовым [4] при сопоставлении более 8 000 анализов пород щитов и осадков Восточно-Европейской и Северно-Американской платформ, было установлено поразительное сходство химического состава их осадочных оболочек и трендов геохимической эволюции от архея до кайнозоя. Выполненные нами [1–3] изотопно-гео-

хронологические и изотопно-геохимические исследования керна 3-х глубоководных скважин, пробуренных на поднятии Менделеева, и собранного там доннокаменного материала в ходе экспедиции «Арктика 2012» (7 станций на расстоянии 430 км) показали, что преобладающее количество терригенных и карбонатных пород, слагающих акустический фундамент глубоководного ложа СЛО, имеют палеозойский возраст, а перекрывающие их покровы основных пород — меловой. Последние, по данным Hf изотопии и трендам распределения редкоземельных элементов [2] резко отличаются от близких по составу, но более молодых (0,38-11 млн. лет) вулканитов Срединного Атлантического хребта (САХ) и хр. Гаккеля. Так, синмагматические цирконы из базальтов и габбро-долеритов СЛО, датированные U-Pb методом в 128 и 151 млн. лет соответственно, характеризуются пониженными значениями ¹⁷⁶Hf/¹⁷⁷Hf (0,28214-0,28280), отрицательными значениями $\mathcal{E}_{Hf}(T)$ (до —19,49) и обеднением легкими редкоземельными элементами, что отвечает параметрам континентальной коры (рис. 4А). Кроме того, в этих породах обычно присутствуют древние ксеногенные



Рис. 4. Диаграмма є_{нf}(t) — U-Pb возраст для магматогенных (A) и ксеногенных (Б) цирконов из магматических пород СЛО и Срединно-Атлантического хребта (CAX): 1–2 — породы СЛО: 1 — базальты, 2 — габбро-долериты; 3–5 — породы САХ: 3 — перидотиты, 4 — габбро, 5 — плагиограниты



Рис. 5. Морфоструктурная карта (A) и схемы укрупненного морфоструктурного (Б) и геохимического (В) районирования циркумполярной Арктики в системе суша–море. Составлена в ИМГРЭ, 2016 г.: 1 — сквозная зона, объединяющая блоки Арктического бассейна и прилегающих территорий; 2 — поперечные структуры; 3 — неотектонические границы трансарктической геодепрессии; 4 — границы блоков; 5 — морфоструктурные блоки и зоны: Ia — блоки суши; Iб — блоки островной и относительно опущенной части шельфа Евразийского бассейна; Iв — блоки зоны океанических возвышенностей Амеразийского бассейна; II — зона влияния срединного хребта Гаккеля; III — зона влияния срединно-океанических хребтов Норвежско-гренландского бассейна (Исландский, Мона и Книповича); IV — зона влияния впадин Баффина и Боффорта; V — Верхоянская зона; 6–10 — геохимическая специализация CBK: 6 — древние кратоны — ЛСХ (Fe-Cr-Ni-Co-Mn-Mg-Cu-Ca); 7 — древние платформы — ЛСХ (Fe-Cr-Ni-Co-Mn-Mg-Cu-Ca); 8 — мезозойские складчатые области — ХЛ (AI-P3Э); 9 — трансарктическая зона — ХЛ и ЛХ (Cu-Zn-Be-Mg ± AI-Fe-P3Э); 10 — острова и подводные поднятия — ЛХ (P3Э-Zn-AI-Fe)



цирконы (1250, 1850 и 2500 млн. лет) с близкими значениями ¹⁷⁶Hf/¹⁷⁷Hf (0,28130–0,28195) и гетерогенными значениями $\mathcal{E}_{\rm Hf}(T)$ от —13,05 до +13,14 вытянутыми вдоль линии хондрита (рис. 4Б), что свидетельствует о корово-мантийном источнике древних цирконов СЛО.

Проведенный нами [3] анализ районирования морфоструктурных элементов циркумполярной Арктики (рис. 5А) позволил впервые выделить сквозную неотектоническую структуру, прослеживаемую через всю территорию циркумполярной Арктики в направлении от Восточно-Европейской и Западно-Сибирской платформ через акваторию СЛО к Северо-Американской платформе (рис. 5Б). Предполагается, что эта структура фиксирует в современном рельефе положение древней внутриконтинентальной геодепрессии, предшествующей заложению СЛО. На рис. 5В представлена схема глобальной геохимической зональности циркумполярной Арктики с выделением 3-х секторов СВК с различной геохимической специализацией:

1— древние кратоны (Балтийский, Канадский, Анабарский);

2 — древние платформы (Восточно-Европейская, Сибирская);

3 — трансарктическая область, включающая молодую Западно-Сибирскую платформу, Карскоморский шельф, глубоководное ложе СЛО и Северо-Американскую платформу;

4 — складчатые мезозойские пояса;

5 — хр. Гаккеля и прилегающие котловины Амундсена и Нансена.

Особое место в геохимической зональности циркумполярной Арктики занимает область, локализованная

в контурах внутриконтинентальной трансарктической геодепрессии (рис. 5А). Геохимическая специализация слагающих ее коренных пород и рыхлых отложений (рис. 1, 2) указывает на площадное развитие на всей акватории СЛО и прилегающих континентальных окраинах Евразии и Амеразии единого палеозой-мезозойского плитного чехла. В пользу этого суждения свидетельствует пониженная (25-20 км) мощность докембрийского фундамента под плитным чехлом в пределах всего контура трансарктической неотектонической структуры (рис. 7А). На рис. 6 показана блок-диаграмма описываемой глобальной трансарктической зоны в рамках границ одноименного неотектонического блока с вещественными характеристиками геологических разрезов осадочного плитного чехла в системе сушаморе: арктическое побережье (Восточно-Европейская, Западно-Сибирская и Северо-Американская платформы) — острова на шельфе (Северная Земля и Новосибирские острова) — глубоководное ложе (поднятие Менделеева и Канадская котловина). Корреляция последних показывает следующее:

повсеместное площадное развитие палеозой-мезозойского плитного чехла;

мощность палеозойского плитного чехла колеблется от 7 до 10 км; мощность мезозойского достигает 5 км и сокращается до сотен метров (Восточно-Европейская платформа) и первых километров (Северо-Американская платформа);

в составе палеозой-мезозойского чехла преобладают терригенные породы (64–71 %) над карбонатными (20–24 %); доля основных вулканогенных пород не превышает 12 %.

Что же касается докембрийского фундамента, подстилающего плитный чехол, то по данным глубокого бурения он, как правило, сложен протерозойскими, а чаще всего рифей-верхнепротерозойскими образованиями. Последние, в отличие от обнаженных по соседству архейских пород щитов, представлены интенсивно магматизированными мезократовыми гнейсами с секущими гранитными и гранит-пегматитовыми жилами. По химическому составу, в отличие от архейских пород щитов, они характеризуются резким преобладанием калия (K/Na - 0,3 и 1,8 соответственно) и частично кремния. Эти особенности, вкупе с общеизвестными геолого-геофизическими

Рис. 6. Блок-диаграмма глобальной трансарктической зоны циркумполярной Арктики с долевым участием (отн. %) распределения главных групп пород в палеозой-мезозойском плитном чехле: 1 — кристаллические породы древнего фундамента; 2, 3 — осадочные породы платформенного чехла (2 — древних платформ, 3 — молодых платформ); 4–7 — типы пород: 4 — терригенные, 5 — карбонатные, 6 — основные вулканогенные и интрузивные, 7а — метаморфические, 76 — базитовые, 8 — контур трансарктической геодепрессии





данными, позволяют утверждать, что трансарктический осадочный плитный чехол был заложен и развивался в зоне глобального растяжения докембрийской коры арктического мегакратона. Крайним случаем процесса субширотного растяжения древней континентальной коры можно считать Канадскую котловину, заложенную вдоль локальной линейной зоны разрыва архейского фундамента арктической части Северо-Американской платформы. Правомерность этого суждения подтверждается обоснованием палеозоймезозойского возраста заполнивших котловину осадков мощностью до 11 км [6].

Суммируя все вышеприведенные новые данные, можно заключить, что выявленная при морфоструктурном и геолого-геохимическом районировании CBK, глобальная трансарктическая зона циркумполярной Арктики в системе суша—море (от Восточно-Европейской и Западно-Сибирской платформ через Карскоморский шельф и глубоководное ложе СЛО до Северо-Американской платформы) имеет единое геологическое строение (снизу вверх): рифей-позднепротерозойский фундамент мощностью 25–20 км и палеозой-мезозойский осадочный плитный чехол мощностью 7–15 км. Обосновывается длительное и унаследованное развитие осадочных толщ в трансарктической зоне от позднего докембрия (растяжение и сокращение мощности коры архейского арктического мегакратона) до палеогеннеогенового времени (локальные зоны незрелого спрединга — хр. Гаккеля и сопряженные котловины Амундсена и Нансена). Из сказанного следует, что глубоководное ложе СЛО, включая Канадскую котловину, является естественным продолжением Евразийского и Северо-Американского континентов и формировалось как типичный внутриматериковый бассейн.

Ниже кратко характеризуются главные этапы эволюции СВК циркумполярной Арктики (рис. 7):

1-й этап (AR-R) — формирование докембрийской коры циркумарктического мегакратона (рис. 7А). Вся площадь сложена однотипными магматогенно-метаморфическими структурно-тектоническими комплексами, имеющими сходное глубинное строение, но различную мощность: максимальную (45–40 км) в периферических мегаблоках (Кольско-Грендландско-Канадском и Восточно-Сибирском) и минимальную (25–20 км) в разделяющей их трансарктической геодепрессии.

2-й этап (R-J) — заложение трансарктической геодепрессии и развитие палеозойского внутриконтиненталь-



Рис. 7. Геолого-геохимическая модель эволюции СВК циркумполярной Арктики. Составлена А.А. Кременецким, А.Г. Пилицыным, Л.И. Веремеевой (ФГУП «ИМГРЭ», 2016 г.): 1–5 — структурно-тектонические блоки: 1 — докембрийская кора, AR-PR; 2 — плитный чехол, PZ-MZ; 3 — осадочные отложения, MZ-KZ; 4 — траппы; 5 — вулканические пояса; 6–9 — складчатые пояса: 6 — каледонские, 7 — герцинские, 8 — киммерийские; 9 — неотектонические границы трансарктической геодепрессии; 10–13 — структурно-тектонические блоки: 10 — щиты, 11 — древние платформы, 12 — молодые платформы, шельф, подводные поднятия, 13 — Р—N подводные хребты и котловины

ного палеобассейна (рис. 7Б). Протягивается в направлении от Восточно-Европейской и Западно-Сибирской платформ через акваторию СЛО к Северо-Американской платформе. Ранний этап формирования внутриконтинентального палеобассейна стартовал в рифее и завершился в триасе. В зонах растяжения и на погруженных блоках докембрийского фундамента был сформирован площадной палеозойский плитный чехол, который локально подвергся воздействию каледонской и герцинской складчатости, а также инъекциям рифтогенного (D и P-T) траппового магматизма.

3-й этап (J-P) — заложение и развитие мезозой-кайнозойского Центрально-Арктического бассейна (рис. 7В). Погружение трансарктической геодепрессии в контуре современного СЛО сопровождалось подводным трапповым вулканизмом и заполнением ее морскими осалками.

4-й этап (P-N) — незрелый спрединг и формирование глубоководных доменов Амеразийской части Арктического бассейна (рис. 7Г). Начинает-

N OXPAHA



Рис. 8. Схема прогноза на твердые полезные ископаемые (ТПИ), нефть и газ российского полярного сектора Арктики. Составлена авторами с использованием материалов: А.А. Головина и др., 2009 г.; В.И. Богоявленского и др., 2015 г.; А.М. Гальперина и др., 2014 г.: 1–5 — минерагенические зоны перспективные на ТПИ: 1 — алмазы, 2 — черные металлы, 3 — редкие металлы, 4 — цветные металлы, 5 — благородные металлы; 6–7 — провинции, перспективные на нефть и газ: 6 — связанные с нефтематеринскими толщами, 7 — связанные с рифтогенными структурами; 8 — поля развития железомарганцевых конкреций; 9 — контуры трансарктической геодепрессии; 10 — рифтовые системы

ся с расколов дна Центрально-Арктического бассейна подводным хр. Гаккеля, являющегося продолжением САХ и сопровождается вертикальными перемещениями подводных поднятий (Ломоносова, Альфа-Менделеева и др.) и впадин (Подводников и др.).

Выделение в пределах циркумполярной Арктики глобальной трансарктической внутриконтинентальной депрессии позволяет обосновать ряд геополитических и практических следствий:

 заложение глубоководного ложа СЛО на погруженных блоках трансарктического палеобассейна доказывает континентальную природу его основания и, таким образом, должно рассматриваться в качестве дополнительного геолого-геохимического аргумента при обосновании расширения внешней границы континентального шельфа за счет включения в нее подводного хр. Ломоносова, поднятия Менделеева и соединяющей их глубоководной впадины Подводников;

2) площадное развитие литифицированного палеозойского плитного чехла под мезозой-кайнозойскими осадками в контурах трансарктической геодепрессии на всей акватории СЛО и на прилегающих континентальных окраинах Евразии (Восточно-Европейская и Западно-Сибирская платформы) и Амеразии (Северо-Американская платформа) указывает на близкий для них нефтегазовый потенциал, связанный с нефтематеринскими толщами (рис. 8);

3) широкое воздействие разновозрастного (D, P-T, K, KZ) рифтового магматизма на палеозойский плитный чехол трансарктической геодепрессии обусловило локализацию в его надрифтовых структурах абиогенных углеводородов и полиметаллических руд (рис. 8).

Авторы благодарят коллег из ИМГРЭ, ВСЕГЕИ, ВНИИОкеангеологии, МАГЭ, ПМГРЭ, Севморгео, НПЦ «Недра», представивших базы геохимических данных и пробы для геохимических исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кременецкий, А.А.* Источники вещества магматических пород поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан) по изотопногеохимическим данным / А.А. Кременецкий, Ю.А. Костицын, А.Ф. Морозов и др. // Геохимия. — 2015. — № 6. — С. 487–501.

2. *Кременецкий, А.А.* Источники вещества магматических пород глубоководного ложа Северного Ледовитого океана и Центральной Атлантики по данным U-Pb возраста, изотопии Hf и геохимии P3Э цирконов / А.А. Кременецкий, Н.А. Громалова, С.Г. Сколотнев и др. // ДАН — 2016.

3. *Кременецкий, А.А.* Геохимическое картирование циркумполярной Арктики: научная парадигма, технология, предварительные результаты / А.А. Кременецкий, А.Ф. Морозов, А.Г. Пилицын и др. // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 6. — С. 8–21.

4. *Ронов, А.Б.* Эволюция химического состава пород щитов и осадочного покрова Русской и Северо-Американской платформ / А.Б. Ронов, А.А. Мигдисов // Геохимия. — 1970. — № 4. — С. 403–435. 5. *Схема* тектонического районирования России. Масштаб 1:5 000 000. Сост. Г.С. Гусев, К.Л. Волочкович, Н.В. Межеловский и др. — М., 2001. 6. *Шаров, Н.В.* Строение литосферы российской части Баренц-региона / Н.В. Шаров, Ф.П. Митрофанов, М.Л. Верба и др. — Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. — 2005. — 256 с.

© Коллектив авторов, 2016

Кременецкий Александр Александрович // nauka@imgre.ru Морозов Андрей Федорович // amorozov@rosnedra.gov.ru Пилицын Алексей Гаврилович // allexpil@yandex.ru Веремеева Людмила Ивановна // verli@yandex.ru Спиридонов Игорь Геннадьевич // imgre@imgre.ru