

Пространственно одна из залежей совпадает с контуром зоны с улучшенными коллекторскими свойствами в отложениях катангской свиты венда, вторая тяготеет к зонам разуплотнения пород среднего-верхнего рифея.

Апробированный на площади Байкитской антеклизы комплекс геохимических работ, его техническое и методическое обеспечение, а также способы обработки и интерпретации позволяют считать геохимические работы необходимым элементом изучения структур, перспективных на углеводороды по данным геофизических работ. Геохимические работы целесообразно выполнять на площадях перспективных структур по сети профилей сейсморазведочных работ со сгущением расстояния между профилями до 2–5 км и шагом по профилю 200–1000 м.

В заключение необходимо привести оценку результатов широко применяемого в практике геолого-геофизических работ в Восточной Сибири метода снежной съемки. Целевым назначением метода является изучение приповерхностных углеводородных и неуглеводородных полей, формирующихся в снежном покрове, распределения концентраций основных геохимических показателей по площади, оценка перспектив нефтегазоносности в комплексе с сейсморазведкой. Метод достаточно производителен и прост в выполнении, привлекателен тем, что проводится, как правило, одновременно с сейсморазведкой в зимний период. Применим для любых ландшафтных условий. Однако детальный анализ результатов работ по Байкитской и Катангской площадям выявил ряд недостатков, нивелирующих все вышеуказанные достоинства метода:

1. Снег может выступать в роли сорбента для газов атмосферы, а в северных районах имеются загрязнители атмосферы — нефте- и газоперерабатывающие установки около открытых нефтегазовых месторождений. Кроме того, практически нет объектов, где проведена съемка по снежному покрову с одновременным проведением атмогеохимической съемки (авиасъемка с лазерным источником измерения газа атмосферы) и определением газов в почвах объекта, что позволяло бы обосновать природу газового поля в снеге. Данная среда опробования, широко используемая для диагностики уровня экологической загрязненности территорий, не гарантирует стерильность анализируемых проб. Остается вопрос и о корректности отбора проб вдоль профилей сейсморазведочных работ, проводимых в зимнее время с использованием в технике работ ГСМ и взрывных источников.

2. При анализе результатов снежной съемки по профилям сейсморазведочных работ МОГТ в пределах западной части Байкитской площади выявилась прямая и практически 100%-ная зависимость в распределении одного из главных геохимических параметров — содержания метана — от уровня снежного покрова.

3. Выявлены значительные расхождения в уровнях концентрации основных УВ газов в пробах разных годов на одной и той же площади работ, что не позволило провести обработку баз данных разных лет.

4. Многочисленными работами было показано, что концентрации УВ в почвенной и подпочвенной зоне очень низкие. Только незначительная часть этих сое-

динений проникает в атмосферу, проходя через слой снега, который, в свою очередь, выступает в качестве сорбента. В связи с этим спектр изучаемых компонентов со значимыми концентрациями достаточно ограничен, в основном это газы ряда метана (C_1 – C_4).

5. Отбор проб вдоль сейсморазведочных профилей проводится с крайне низкой плотностью наблюдений, что в дальнейшем не позволяет корректно представить результаты по площади.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кобрунов А.И., Петровский А.П. Обратные задачи комплексной интерпретации геофизических данных / Геологическая интерпретация гравитационных и магнитных аномалий. — Киев: Наукова Думка, 1992.
2. Кременецкий А.А., Пилицын А.Г., Инговатов А.П., Грузнов В.М. Геохимические методы прогноза и поисков нефтегазовых месторождений // Разведка и охрана недр. — 2010. — № 5. — С. 63–69.
3. Методы нефтегазопроисковой геохимии: Сб. науч. тр. — М.: ОНТИ ВНИИЯГ, 1983.
4. Петровский А.П. Информационное обеспечение и модельные представления интегральной интерпретации геолого-геофизических данных при изучении нефтегазоносных структур // Геофиз. журнал. — 2004. — № 3. — С. 77–86.

© Коллектив авторов, 2015

Спиридонов Игорь Геннадиевич // imgre@imgre.ru
Алексеева Александра Кирилловна // 1308kappa@mail.ru
Пилицын Алексей Гаврилович // allexpil@ya.ru
Добросоцкий Сергей Владимирович // sergey-imgre@yandex.ru

УДК 551.242.11.31:550.84

Кременецкий А.А. (ФГУП «ИМГРЭ»), Морозов А.Ф. (Роснедра), Пилицын А.Г., Бескин С.М., Полякова Т.Н. (ФГУП «ИМГРЭ»), Мильштейн Е.Д. (ФГУП «ВСЕГЕИ»)

ГЕОХИМИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ ЦИРКУМПОЛЯРНОЙ АРКТИКИ: НАУЧНАЯ ПАРАДИГМА, ТЕХНОЛОГИЯ, ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

*Научную основу геохимического картирования дна Северного Ледовитого океана (СЛО) и его побережья представляет серия составленных авторами специализированных схем районирования (структурно-геоморфологическая, структурно-вещественных комплексов, потенциальных полей, изотопно-геохимическая и др.), а также петролого-геологическая реконструкция эволюции земной коры циркумполярной Арктики, основанная на модели «глобального магматического океана Земли» (В.С. Шкодинский, 2014). Эти данные, а также анализ впервые составленных геохимических карт для российского полярного сектора Арктики по донным отложениям и по породам дна СЛО и побережья позволяют заключить, что все разновозрастные структурно-вещественные комплексы исследуемой территории развивались на коре континентального типа. Показан непрерывный переход комплексов Восточно-Европейской платформы в Баренцевоморско-Карский бассейн, а Яно-Чукотско-Аляскинской области — в Американо-Аляскинский бассейн СЛО, где хребет Ломоносова и поднятие Менделеева являются естественным продолжением материковой части Евразии. **Ключевые слова:** Арктика, морфоструктурный анализ, геофизические геолого-петрологические и изотопно-геохимические исследования, геохимическое картирование.*

Kremenetskiy A.A. (IMGRE), Morozov A.F. (Rosnedra), Pilityn A.G., Beskin S.M., Polyakova T.N. (IMGRE), Milshtein E.D. (VSEGEI)

GEOCHEMICAL MAPPING OF CIRCUM-POLAR ARCTIC REGION: SCIENTIFIC PARADIGM, TECHNOLOGY, PRELIMINARY RESULTS

*The scientific basis for geochemical mapping of the Arctic Ocean floor and the coast is represented by a series of specialized schemes of zoning (including structural geomorphology, structure-matter complexes, potential fields, isotopic geochemistry and others) as well as petrologic and geological reconstruction of the Circum-polar Arctic earth crust evolution based on the model of «global magmatic ocean of the Earth» (V.S. Shkodzinskiy, 2014). These data and the analysis of the geochemical maps of the Russian Arctic polar sector compiled for the first time from the floor sediments and the rocks of the Arctic Ocean floor and the coast suggest that all structural-matter complexes of different age of the area under investigation developed on the crust of continental type. Continuous transition is shown of complexes of East European platform into Barents—Kara basin and complexes of Yana-Chukotka-Alaska region into Amerasian basin of the Arctic Ocean, where Lomonosov Ridge and Mendeleev Rise are natural continuation of the continental part of Eurasia. **Key words:** Arctic region, morphology structure analysis, geophysical, geological-petrologic and isotopic-geochemical research, geochemical mapping.*

В структуре циркумполярной Арктики выделяются три главных морфо-геологических сегмента земной коры:

1. Докембрийские кратоны с палеозойским складчатым обрамлением и разновозрастным платформенным чехлом (Гренландско—Северо-Американский, Восточно-Европейский, Сибирский и Яно-Чукотско-Аляскинский) слагают побережье Северного Ледовитого океана (СЛО), его мелководный шельф и архипелаги островов.

2. Поднятия и котловины глубоководного ложа СЛО (Амеразийский бассейн).

3. Арктический хребет Гаккеля с прилегающими котловинами Нансена и Амундсена (Евразийский бассейн), а также Северо-Атлантический океанический бассейн (Баффин-Лабрадорский и Норвежско-Гренландский бассейны) и часть Тихоокеанского пояса — Беринговоморская плита.

Выполненные в последние годы обобщения всех, в т.ч. новых геолого-геофизических материалов, не оставили сомнений в том, что дно Евразийского бассейна имеет под собой кору океанического типа, а дно Амеразийского бассейна, в частности, хребет Ломоносова и Чукотское плато являются блоками континентальной коры [9, 13, 36, 37]. Что же касается природы поднятия Альфа-Менделеева и Канадской котловины, то они до сих пор остаются предметом острых дискуссий. С одной стороны земная кора имеет здесь скоростные параметры, характерные для коры континентов, с другой стороны ее мощность заметно редуцирована. По одним представлениям поднятие Альфа-Менделеева является следом активной горячей точки или океаническим вулканическим плато, аналогичным по строению плато Онтонг-Джава [7, 39]. Другая гипотеза предполагает развитие этой структуры в ходе древнего спрединга; ее

придерживаются Vogt, Ostenso [45], Hall [41], Гуревич и др. [10]. При этом ряд авторов [16, 27, 42] предполагают, что в основании поднятия Альфа-Менделеева могут находиться блоки древней континентальной коры, испытавшие растяжение и интенсивный внутриплитовый магматизм. Основными аргументами, используемыми сторонниками той или иной точки зрения при обосновании типа коры, являются геофизические данные о ее мощности и вариации скоростных параметров.

Проведенное в последние десятилетия геологическое картографирование российской части Арктического бассейна в масштабе 1:1 000 000 (ПМГРЭ, МАГЭ, ВНИИОкеангеология, ВСЕГЕИ и др.) позволило в полной мере охарактеризовать неоднородности строения, прежде всего, шельфа и островов СЛО. Что же касается его глубоководного ложа, то выполненное здесь драгирование (экспедиции «Арктика 2005–2012») и глубоководное бурение («Арктика-2012», программа «DSDP») дали, безусловно, важную информацию о коренных породах дна, которая, тем не менее, носит фрагментарный характер. Полученные в процессе вышеназванных работ геохимические данные, включая банки морского донного опробования СЛО [5], опробования коренных пород и донных отложений островов и побережья (ИМГРЭ, ПМГРЭ), а также собранная нами информация по зарубежной части Арктического бассейна, послужили основой для создания геохимической карты циркумполярной Арктики масштаба 1:2 500 000. Целевым назначением этой карты являются:

1. Геолого-геохимическое районирование донных отложений СЛО для установления влияния на их состав пород основания включает:

а) геохимическую типизацию донных отложений, перекрывающих шельф, котловины и подводные хребты;

б) установление влияния на состав рыхлых отложений латерального сноса и ледового разноса вещества;

в) выявление геохимических аномалий, связанных с погребенными залежами рудного и углеводородного сырья.

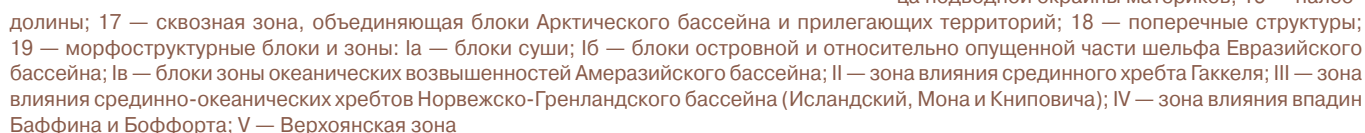
2. Геохимическое и изотопно-геохронологическое районирование структурно-вещественных комплексов (СВК), слагающих основание осадочных отложений СЛО, а также пород островов и побережья с целью реконструкции строения и условий образования глубоководного ложа океана.

Учитывая сложность геологического строения Арктического бассейна, его многоэтапную эволюцию и труднодоступность (значительная часть акватории покрыта льдом), нами был выполнен комплекс предварительных исследований, включающий построение серии специализированных геолого-геофизических схем и петролого-геологических моделей. Ниже кратко рассмотрим вклад последних для районирования и интерпретации создаваемой геохимической карты Арктики, как одного из прямых критериев при обосновании внешней границы континентального шельфа России.

Структурно-геоморфологическая схема циркумполярной Арктики. Основу схематической карты (рис. 1А) составляют батиметрические данные по СЛО в масштабе 1:15 000 000, а также анализ и обобщение результатов ранее выполненных исследований [8, 11, 12, 15, 16, 21, 23].

Особое внимание заслуживает выделение в циркумполярной Арктике сквозной неотектонической структуры, протягивающейся через всю исследуемую территорию в направлении от Восточно-Европейской платформы через СЛО к Южно-Канадской платформе (рис. 1Б). Предполагается, что эта структура фиксирует в современном рельефе положение древней глобальной депрессии, предшествовавшей заложению СЛО.

4. Инверсия блоков островной и опущенной части шельфа Баренцево-морско-Карского бассейна (блок Ib),



РАЗВЕДКА И ОУРАНА НЕДР

а также океанических возвышенностей Американо-Азиатского бассейна СЛО (блок IV).

Таким образом, доказывається, что в истории формирования СЛО ключевую роль играло заложение в мезозое глобальной тектонической депрессии, включающей не только современные бассейны СЛО, но и сопряженные с ними блоки современных континентов. Последующие дифференциальные перемещения основания этой глобальной депрессии обусловили формирование здесь внутриматерикового морского бассейна с различной глубиной погружения блоков континентальной коры.

Схема районирования структурно-вещественных комплексов циркумполярной Арктики. Основу данной схематической карты (рис. 2) составляет врезка масштаба 1:30 000 000 к Тектонической карте Арктики и Субарктики масштаба 1:5 000 000 [25, 31], а также ряд уточняющих публикаций [1, 6, 26 и др.]. Характеризуются строение и состав СВК, слагающих континен-

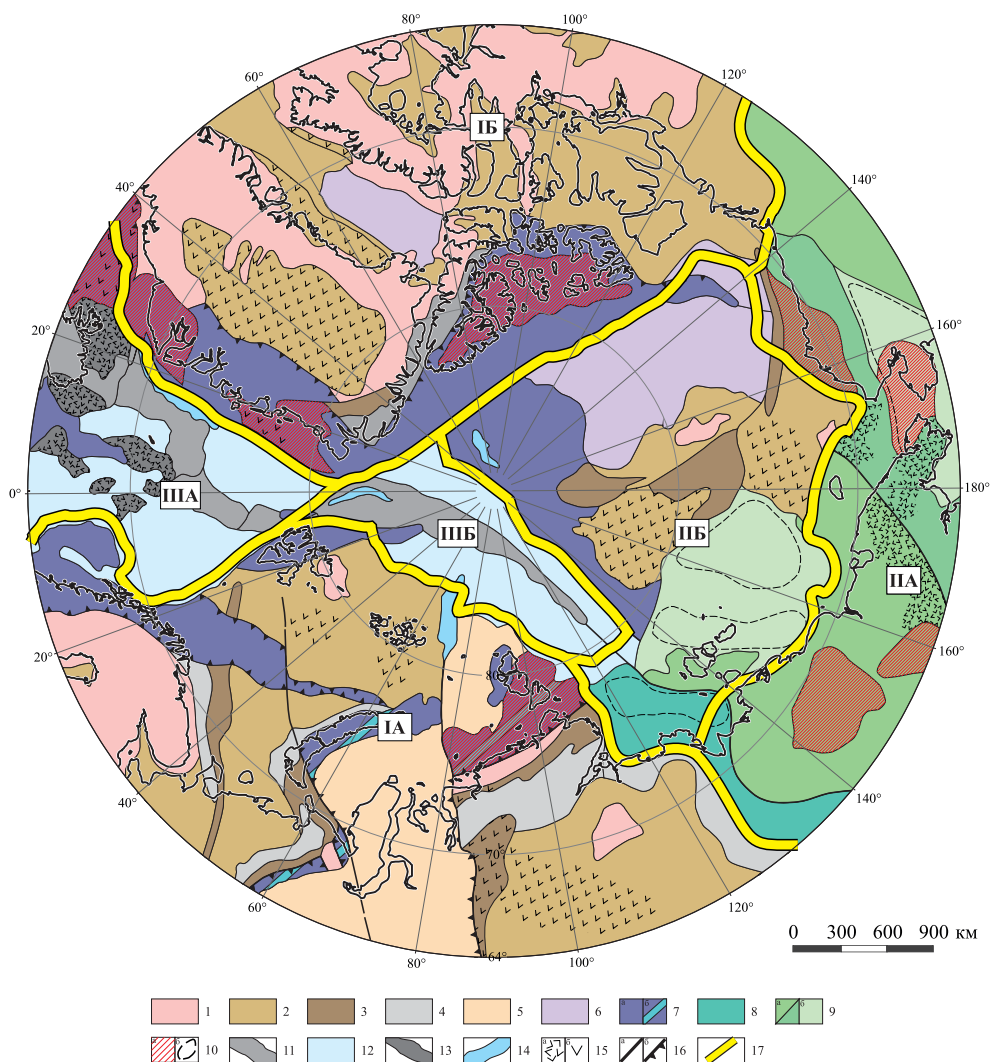
тальные и современные океанические геоблоки коры.

В строении **континентальных** геоблоков участвуют древние платформы: консолидированный архей-протерозойский кристаллический фундамент (с разновозрастным платформенным чехлом) и обрамляющие их складчатые системы (позднерифейские, палеозой-мезозойские) (рис. 2, IA и IB); они же (как срединные массивы тектонизированного кристаллического фундамента и реликты чехла с палеозойским фундаментом), залегающие в основании молодых мезозой-кайнозойских платформ (рис. 2, IIA). Показан непрерывный переход СВК древней Восточно-Европейской платформы в Баренцево-Карский бассейн СЛО и близость СВК дна Американо-Азиатского бассейна с Яно-Чукотско-Аляскинским блоком континентальной коры. В глубоководном Американо-Азиатском бассейне, с определенной долей условности, выделяются все элементы континентальных СВК: древний кристалличе-

Рис. 2. Схема районирования структурно-вещественных комплексов циркумполярной Арктики.

Составлена С.М. Бескиным, А.А. Кременецким, ИМГРЭ, 2015 г.:

1–10 — СВК континентальных геоблоков: 1–4 — СВК древних платформ: 1 — выходы архей-протерозойского, местами рифейского, консолидированного кристаллического фундамента; 2 — ненарушенный позднерифей-палеозой-кайнозойский карбонатно-терригенный осадочный чехол; 3 — тектонизированный приподнятый осадочный чехол; 4 — увеличенный в мощности тектонизированный опущенный осадочный чехол; 5–6 СВК — молодых и внутриплатформенных бассейнов: 5 — ненарушенный мезозой-кайнозойский преимущественно терригенный осадочный чехол; 6 — то же, предполагаемый на глубине океана; 7–10 — СВК складчатых систем: 7 — верхнерифей-палеозойские (каледонские и герцинские) складчатые системы всех видов (а), в том числе переходящие в мезозойские (б); 8 — палеозой-мезозойские линейные складчатые пояса; 9 — мезозойские мозаичные складчатые системы (а), в том числе целиком погруженные в океан (б); 10 — срединные массивы в пределах складчатых систем, т.е. выходы тектонизированного кристаллического фундамента, сцементированные складчатыми толщами, иногда с реликтами осадочного чехла (а), в том числе предполагаемые под маломощными осадками океана (б); 11–13 — СВК современных океанических геоблоков: 11 — срединно-океанические грабены, в том числе совмещенные со срединно-океаническими хребтами (СОХ) — интенсивные базальтовые вулканории; 12 — базальтоидные океанические впадины, примыкающие к СОХ; 13 — некоторые внутриокеанические вулканории; 14 — океанические желоба; 15–17 — дополнительные знаки: 15 — наложенные вулканические пояса разных видов (а), в том числе входящие в осадочный чехол платформ платобазальты (б); 16 — прочие важные разломы (а), в том числе границы древних платформ (б); 17 — границы мегаблоков коры: IA — Евразийский; IB — Северо-Американский; IIA — Яно-Чукотско-Аляскинский; IIB — Центрально-Арктический; IIIA — Норвежско-Гренландский; IIIB — Арктический хребт Гаккеля с котловинами



ский фундамент, платформенный чехол, складчатые системы. Последние имеют значительное сходство с таковыми шельфово-островной зоны Лаптевоморско-Чукотского бассейна СЛО, что позволяет рассматривать их в составе единого Центрально-Арктического блока континентальной коры (рис. 2, ПБ), являющегося, в свою очередь, периферией Яно-Чукотско-Аляскинского мегаблока (рис. 2, ПА).

СВК современных *океанических* геоблоков, при их несомненном сходстве (рис. 2, ПА и ПБ), имеют ряд принципиальных отличий: во-первых, явное смещение простирания хребта Гаккеля на восток от осевой линии системы хребтов Колбенсей — Мона — Книповича, лежащих в створе Срединно-Атлантического хребта (САХ); во-вторых, отсутствие в Арктическом геоблоке (рис. 2, ПБ) вулканических (структур, промежуточных между срединно-океаническим хребтом и островной дугой), характерных для Норвежско-Гренландского геоблока (рис. 2, ПА). Эти отличия указывают на то, что хребет Гаккеля был сформирован как «тупиковая» тектоническая структура при Срединно-Атлантическом спрединге и, следовательно, должно иметь относительно неглубокое залегание в литосфере (незрелый спрединг).

Схема районирования потенциальных полей циркумполярной Арктики (рис. 3). Базовым элементом при районировании являлись карты аномального магнитного поля (АМП) и аномального гравитационного поля (АГП) Арктики масштаба 1:5 000 000, созданные международной группой исследователей и реализованные геологической службой Норвегии [40] в рамках геофизической части циркумполярного Арктического картографического проекта (Circum Arctic Mapping Project — Geophysical Mapping — CAMP-GM). Помимо этого, при выделении таксонов учитывались параметры глубинного строения — мощность осадочного чехла, земной коры и консолидированной ее части [44], а также вспомогательные материалы (трансформанты потенциальных полей, рельеф поверхности суши и глубин океана и др.). Оконтуривание таксонов осуществлялось в интерактивном режиме непосредственно на экране компьютера с использованием ГИС ESRI ArcMap v.9.3.

При выделении таксонов I порядка одним из основных критериев являлась мощность земной коры, в то время как при их разграничении основное внимание уделялось сочетанию морфоструктурных особенностей, знаку и интенсивности аномалий АГП и АМП. В результате выделено четыре таксона I порядка: Гренландско—Северо-Американский, Евразийский (включая участки, погруженные на батиметрические глубины), Северо-Атлантический и Тихоокеанский. Глубинные характеристики, соответствующие коре океанического типа, а именно: мощность земной коры менее 10–15 км [2, 14], относительно маломощный осадочный чехол (менее 2–3 км), наличие знакопеременных полосовых аномалий АМП, интенсивные положительные полосовые аномалии АГМ, отмечаются только в Северо-Атлантической аномальной провинции. Все остальные аномальные провинции характеризуются земной корой континентального типа при наличии отдельных областей с корой переходного типа.

Детализация таксонов I порядка (аномальных провинций) строилась на выявлении в потенциальных полях аномальных районов, объединяемых в аномальные области. По морфоструктурным характеристикам потенциальных полей выделено три основных типа аномальных районов (таксонов II порядка). Первые два типа достаточно традиционны — это структуры с центрально-зональной (либо центрально-лучевой) морфоструктурой потенциальных полей и структуры с преимущественно линейными формами аномалий. Третий тип представляет собой закономерное сочетание центрально-зональных и линейно-организованных участков. При этом участки с центрально-зональной структурой потенциальных полей представляют «ядро», к которому плавно примыкают участки с ярко выраженной линейной структурой, обычно имеющие «клиновидную» форму. В совокупности эти два типа участков образуют единый конгломерат «каплевидной» формы, рассматриваемый как таксоны II порядка (аномальный район). В пределах аномального района субизометричные «ядра» характеризуются повышенной мощностью консолидированной земной коры и часто фиксируют площади распространения фрагментов дорифейского кристаллического фундамента. В то время как участки с выраженной линейной структурой потенциальных полей отличаются относительно пониженной мощностью земной коры и соответствуют областям разрастания фундамента за счет формирования складчатого обрамления. Ярким примером подобных образований в пределах Евразийского континента являются Уральско-Хантымансийский район Западной Сибири, Анабарский район Восточной Сибири, Колымский район Верхояно-Чукотской области. Сходную конфигурацию и внутреннюю структуру аномальных полей имеют и ряд районов в пределах Гренландско—Северо-Американской провинции.

Одним из наиболее ярких примеров структур подобного типа является область Евразийского континента, включающая участки, погруженные на батиметрические глубины (Центрально-Арктическая область). Центральным элементом этой области являются три сопряженных района: Де-Лонга — Макарова, Альфа — Чукотский и район Канадского бассейна. В пределах этой области отчетливо выделяются три «сидящих» на одной оси изометричных участка с центрально-зональной структурой (поднятие Де-Лонга, Чукотское плато и южная часть Канадской котловины) с примыкающими к каждому из них перпендикулярными латеральными участками с линейной структурой потенциальных полей (хребет Ломоносова — котловина Подводников, поднятие Менделеева — котловина Макарова, северная часть Канадской котловины). Триада участков первого типа представляет собой специфический ряд: участку с аномально низкой мощностью земной коры соответствует центрально-лучевая структура, особенно ярко выраженная в магнитном поле (южная часть Канадской котловины); участку с аномально мощной земной корой — центрально-зональная структура АГП и АМП (поднятие Де-Лонга), третий участок (Чукотское плато) как бы соединяет эти два «полюса», характеризуясь умеренной мощностью земной коры и сочетанием двух типов структуры потенциальных полей — центрально-зональной, на фоне ко-

торой проявлены элементы центрально-лучевой. Такая конфигурация таксонов III порядка в Центрально-Арктической аномальной области определяет ее особое положение в циркумполярной Арктике — как области континентальной коры, входящей в состав аномальной провинции Евразийского континента.

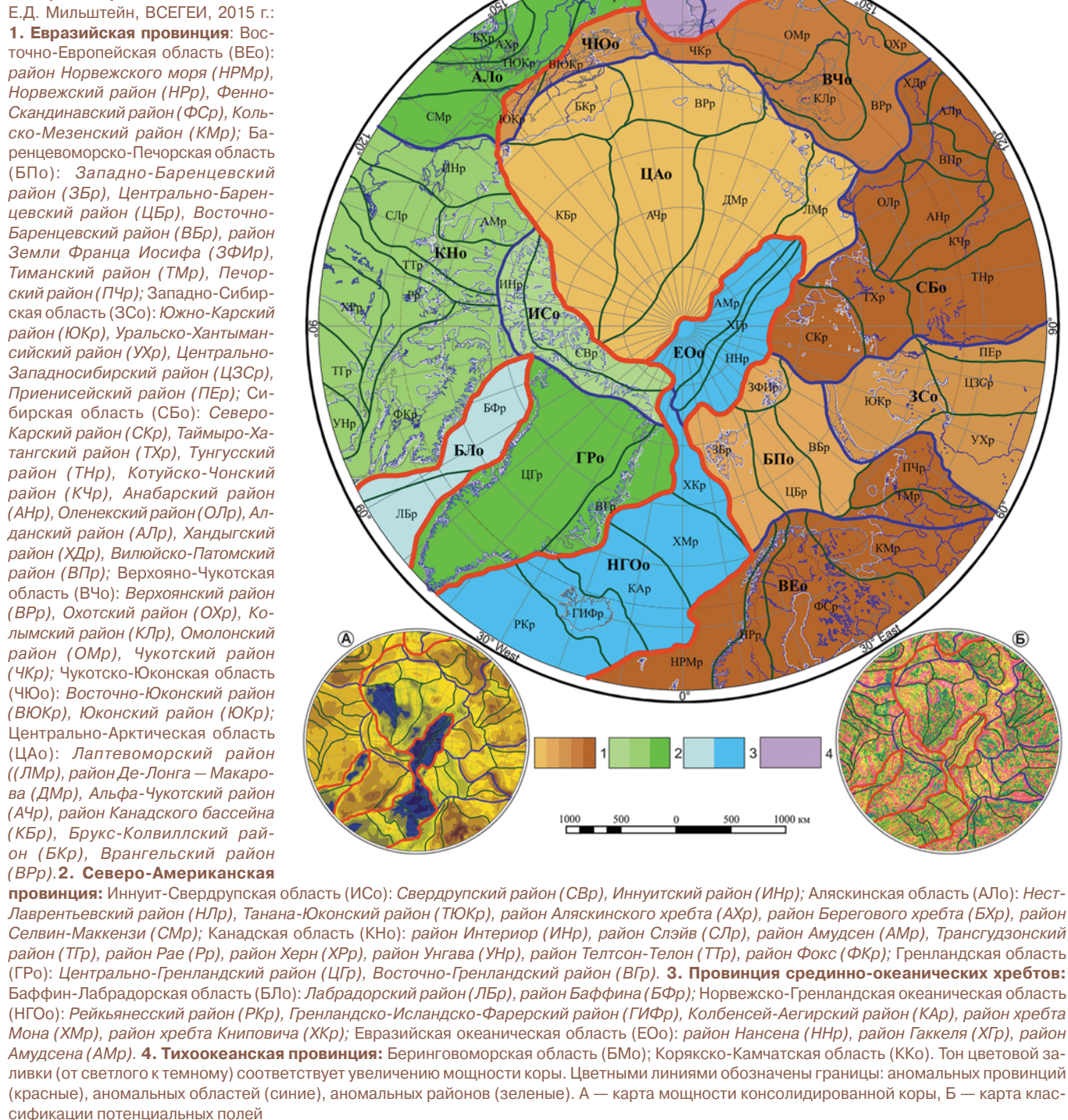
Схема изотопно-геохронологического районирования циркумполярной Арктики. Предлагаемая схема включает следующие ключевые хронологические таксоны (рис. 2, 3):

1. Евразийский и Северо-Американский докембрийские кратоны с палеозойским складчатым обрамлением и палеозой-мезозой-кайнозойским платформенным чехлом.

2. Центрально-Арктический блок сложен докембрийской корой переходного континентального типа с палеозой-мезозойским платформенным чехлом и рифтогенными пермь-триасовыми и меловыми структурами.

3. Срединно-Арктические хребты: палеоген-неогеновая рифтовая система Колбенсей — Мона — Книповича

Рис. 3. Схема районирования потенциальных полей циркумполярной Арктики. Составлена Е.Д. Мильштейн, ВСЕГЕИ, 2015 г.:



и Гаккеля заложены на континентальном комплексе основания СЛО.

Схема основана на многочисленных датировках U-Pb возраста цирконов, выполненных авторами [20] и другими исследователями [24] при изучении основных магматических пород в керне глубоководных скважин в донно-каменном материале и в коренных породах шельфовых островов СЛО, а также из различных СВК побережья. Для сравнительной характеристики использовались датировки возраста цирконов из основных и ультраосновных пород центральной части САХ [4, 17, 30, 32, 35] и его северной ветви, пересекающей Исландию (Кременецкий, 2015).

На рис. 4а-г приведены статистические кривые распределения U-Pb датировок возраста цирконов из всех вышеперечисленных групп магматических пород. Общим для них является: 1) широкий спектр возрастных кластеров: 3200–3000, 2800–2400, 1900–1400, 1100–900, 700–400, 350–200 и 100–0 млн. лет; 2) наличие в каждой группе пород двух генетических генераций цирконов: позднемагматических («молодых») и ксеногенных («древних»), захваченных глубинными магматическими расплавами при движении их к палеоповерхности.

Аналогичный спектр «древних» возрастных кластеров характерен также для магматогенных, метаморфогенных и детритовых цирконов из докембрийского кристаллического фундамента и перекрывающих его палеозойских толщ Восточно-Европейской платформы (рис. 4д); эти цирконы по своим свойствам и составу близки к ксеногенным цирконам из охарактеризованных выше магматических основных пород СЛО и САХ, что позволяет рассматривать их в качестве возможного источника «загрязнения» мантийных расплавов при пересечении ими континентальных блоков коры.

Конкордантные значения возраста позднемагматических цирконов из пород глубоководного ложа СЛО составили: $128 \pm 1,3$ млн. лет в базальтах и 151 ± 2 млн. лет в габбро-долеритах с поднятия Менделеева, тогда как их ксеногенные генерации имеют конкордантные значения возраста соответственно — 1881 ± 30 и 1805 ± 18 млн. лет. Близкие «древние» возраста получены в цирконах из перидотитов, драгированных с подводного хребта Гаккеля — 2200 млн. лет [43] и из диабазов с хребта Кни-

повича — 1800 и 2700 млн. лет (А.А. Кременецкий, Г.С. Гусев, 2015).

Конкордантные значения возраста позднемагматических цирконов из базальтов и щелочных вулканических пород осевого рифта САХ варьируют от 0,38 до 11,26 млн. лет [30], а его северной ветви в Исландии — от 0,33 до 11,5 млн. лет (А.А. Кременецкий и др., 2015). Возраст же ксеногенных цирконов из этих же пород колеблется соответственно от 1880 до 1864 млн. лет. Эти данные, а также близкие к ним «молодые» и «древние» значения модельного Sm-Nd возраста основных магматических пород СЛО [18] и Re-Os возраста (0,5–1,1 и 2,0–3,5 млрд. лет) сульфидов из мантийных перидотитовых нодулей в базальтах острова Зеленого мыса Атлантического океана [38] позволяет нам вслед за В.С. Поповым (устное сообщение) и другими авторами [3, 30, 35] заключить, что кора современного Атлантического океана состоит из комплекса основания, сложенного метаморфизованными и дислоцированными мафическими и ультрамафическими породами (от архея до позднего палеозоя) и перекрывающего их мезозой-кайнозойского комплекса (нематоморфизованные, слабодислоцированные вулканические породы и их интрузивные аналоги); последние несогласно перекрыты осадочным чехлом.

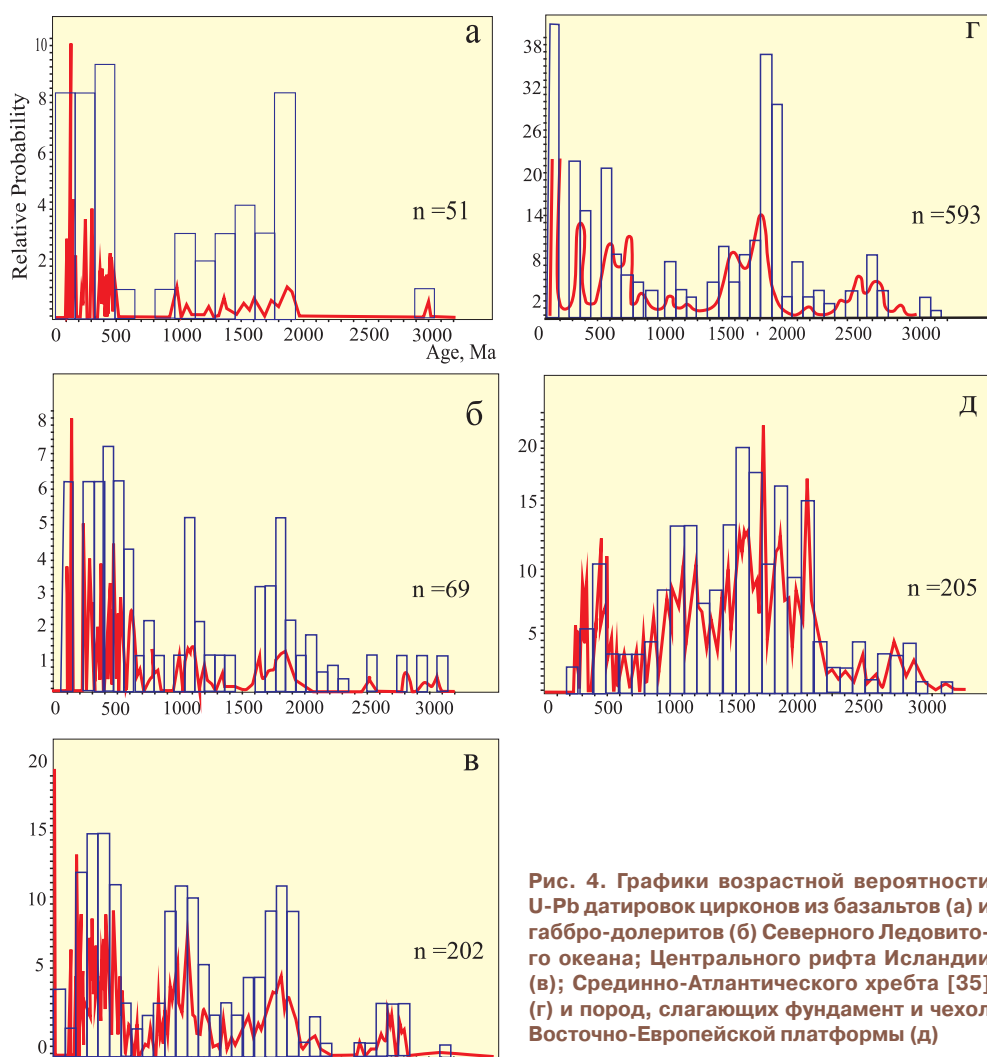


Рис. 4. Графики возрастной вероятности U-Pb датировок цирконов из базальтов (а) и габбро-долеритов (б) Северного Ледовитого океана; Центрального рифта Исландии (в); Срединно-Атлантического хребта [35] (г) и пород, слагающих фундамент и чехол Восточно-Европейской платформы (д)

Сказанное позволяет утверждать, что все известные разновозрастные СВК циркумполярной Арктики развивались также на коре континентального типа. При этом закономерная последовательность формирования разновозрастных магматических комплексов Арктики хорошо согласуется с моделью эволюции глобального магматического океана Земли [34], объясняющей присутствие цирконов двух генераций: «молодых», отвечающих времени кристаллизации магматических пород и ксеногенных «древних», захваченных из допалеозойской верхней мантии (2900–2500, 1900–1750, 1000–900 млн. лет). Это, а также повсеместное развитие генераций разновозрастных цирконов в магматических породах, поднятых со дна САХ [4, 17, 20, 30, 32, 35], не позволяет согласиться с плейткетонической моделью формирования в СЛО молодой океанической коры (хребет Гаккеля) на всю мощность литосферы.

Схема реконструкции строения циркумполярной Арктики на период допалеоген-неогенового спрединга.

Принимая во внимание явно молодой (палеоген-неоген) возраст хребта Гаккеля и прилегающих к нему котловин Нансена и Амундсена в Евразийском бассейне, как возможного продолжения подводных океанических хребтов Книповича — Мона — Колбенсей и САХ, нами была предпринята попытка восстановить первоначальное положение континентальных блоков коры в циркумполярной Арктике (рис. 5). С этой целью на карту мощности ее консолидированной коры (Шокальский, Кашубин и др., 2014ф) были нанесены контуры мегаблоков, выделенных нами по данным районирования СВК и потенциальных полей (рис. 2, 3). Затем, при фиксированном положении Гренландского блока было осуществлено встречное перемещение западных (Восточно-Европейского и Сибирского) и восточных (Центрально-Арктического и Яно-Чукотско-Аляскинского) блоков в направлении «закрытия» зияния Арктической зоны спрединга с соответствующим подъемом (на 2 км) Центрально-Арктического блока [19] относительно его современного положения. Выполненная реконструкция позволяет, естественно, с долей условности кон-

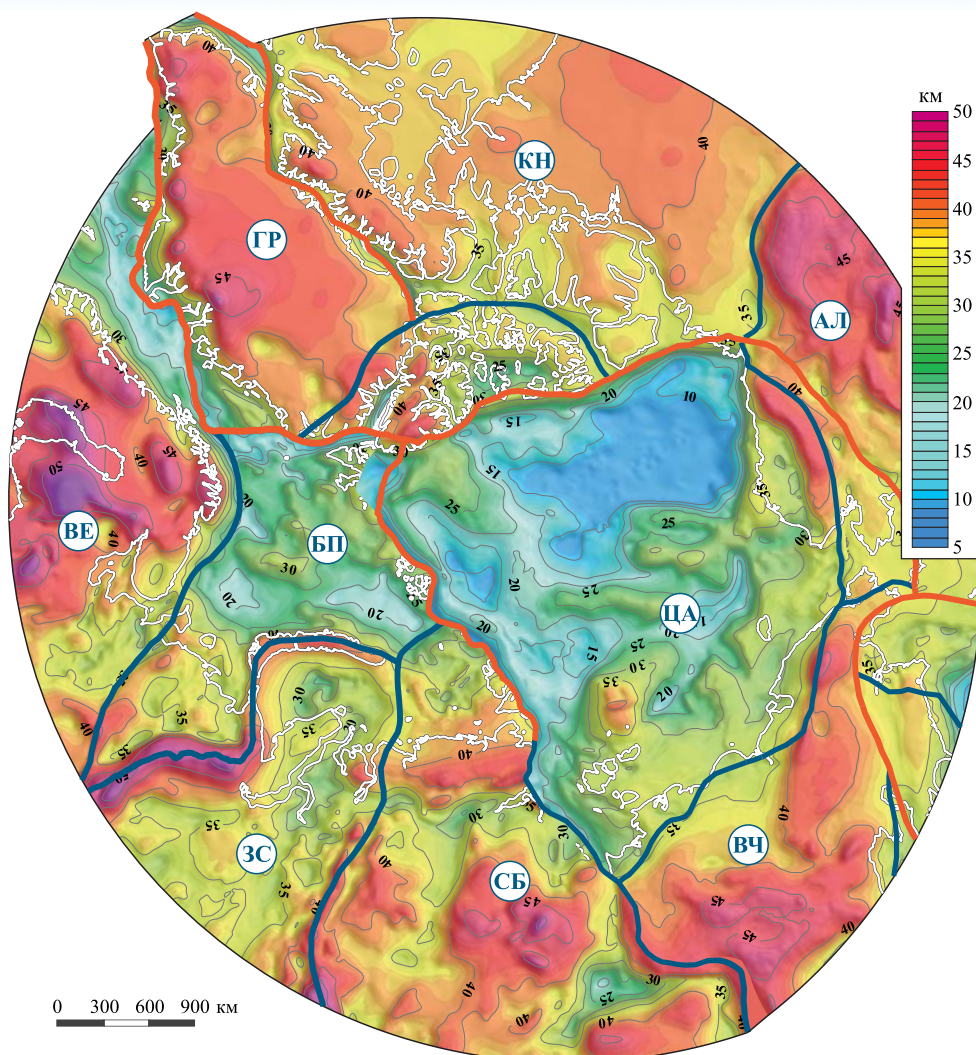


Рис. 5. Схема реконструкции строения циркумполярной Арктики на период до палеоген-неогенового спрединга на карте мощности консолидированной коры. Составлена А.Г. Пилицыным, А.А. Кременецким, ИМГРЭ, 2015 г. Блоки континентальной коры, выявленные при районировании потенциальных полей (рис. 3): ВЕ — Восточно-Европейский; БП — Баренцевоморско-Печерский; ЗС — Западно-Сибирский; СБ — Сибирский; ВЧ — Верхояно-Чукотский; ЦА — Центрально-Арктический; АЛ — Аляскинский; КН — Канадский; ГР — Гренландский. Цифрами показаны изолинии мощностей коры. Мощность консолидированной земной коры (по С.П. Шокальскому, С.Н. Кашубину и др., 2014ф)

статировать, что в юрско-меловое время Центрально-Арктический блок коры (рис. 2, ПБ, рис. 3, ЦАо) представлял собой внутриконтинентальную мелководную депрессию.

Петролого-геологическая реконструкция формирования СВК циркумполярной Арктики. Как отмечалось выше, несмотря на значительное количество фиксированных и мобилистских моделей формирования Амеразийского бассейна, строение, состав и эволюция пород его дна остаются предметом острых дискуссий. Не вдаваясь в проблемы доминирующей ныне концепции тектоники плит, следует указать на явно противоречащие ей геологические и геохронологические данные (В.С. Попов (устное сообщение) и др. авторы [3, 20, 30, 35]), согласно которым современная земная кора в океанах и на континентах образована горными породами разных возрастов, диапазон которых достигает миллиардов лет.

Ниже рассмотрим проблему природы земной коры Арктики с позиции новой парадигмы. Как известно,

в последние десятилетия получены многочисленные свидетельства (изотопные, изотопно-геохронологические, палеотемпературные, экспериментальные и др.) в пользу гипотезы горячей гетерогенной аккреции Земли, что, в свою очередь, позволило В.С. Шкодзинскому [34] рассчитать модель образования и фракционирования на ней глобального магматического океана. Согласно этой модели выпадавший при аккреции Земли силикатный материал плавился под влиянием импактного тепловыделения и сформировал на ранее возникшем железном ядре глобальный океан магмы. Эволюция такого океана протекала в две стадии: синаккреционную и постаккреционную.

На ранней **синаккреционной стадии** рост давления новообразованных верхних частей приводил к кристаллизации и фракционированию его придонных участков. Кумулаты формировали перидотиты нижней мантии, а захороненные в них мафические расплавы — различные эклогиты. Небольшое еще давление в неглубоком океане обусловило кислый, средний и толеитовый состав расплавов, возникавших при фракционировании. Легкие кислые расплавы всплывали в верхнюю часть магматического океана, где формировали исходное вещество континентальной коры. Первоначально кислый слой покрывал всю поверхность Земли; затем, вследствие интенсивной складчатости, в т.ч. тектонического сдвигания разрезов раннедокембрийской коры и других процессов, этот слой был сокращен до размеров современных докембрийских платформ. С ростом глубины магматического океана, по мере аккреции, состав его остаточных расплавов эволюционировал от кислого и среднего до основного и субщелочного пикритового. Синаккреционная стадия завершилась около 4 млрд. лет тем, что вся поверхность Земли была покрыта магматическим океаном со средней глубиной около 240 км. Возрастание глубины, температуры и придонного давления в магматическом океане при аккреции обусловили возникновение расслоенности его по составу: нижняя часть мощностью 172,5 км имела состав перидотита и субщелочного пикрита, средняя часть мощностью 43,5 км — высокоглиноземистого базальта, верхняя часть мощностью около 24 км — кварцевого толеита. При этом самая верхняя часть кварц-толеитовой расплава имела состав, близкий к гранодоритовому.

На **постаккреционной стадии** медленное остывание магматического океана способствовало кристаллизации и фракционированию его сверху вниз под влиянием в основном кондуктивных теплопотерь. Выполненные В.С. Шкодзинским (2003) расчеты показали, что затверждение и фракционирование кислого слоя продолжалось в архее и завершилось в протерозое образованием континентальной кислой кристаллической коры. При этом из кумулатов кислого слоя сформировались серые гнейсы и эндербиты, а из остаточных расплавов — наиболее древние гранитоиды. Подъем расплавов из глубинных (пикритового и перидотитового) слоев магматического океана обусловил массовое формирование в это время комагматитовых зеленокаменных поясов. По мере опускания фронта кристаллизации и фракционирования в средний и основной слои магма-

тического океана, преимущественно в протерозое, возникали щелочно-гранитные, монзонитовые и сиенитовые остаточные расплавы и магмы. В фанерозое фракционирование нижнего ультраосновного слоя привело к образованию большинства лампроитовых, карбонатитовых и кимберлитовых остаточных расплавов и пород. Остаточные расплавы глубинных слоев магматического океана при деформации литосферы под влиянием подъема и растекания вещества нижнемантийных плюмов выжимались и всплывали в возникавших зонах растяжения (формирующихся древних платформах). Массовое развитие на континентах верхнепалеозой-нижнемезозойских траппов связывается с подъемом горячих мантийных потоков и декомпрессионно-фракционным переплавлением в них крупных тел толеитовых эклогитов. Формирование афировых недифференцированных толеитовых лав в срединно-океанических хребтах обусловлено быстрым подъемом толеитовых расплавов из восходящих (высокотемпературных) магмопотоков мантийного вещества; по мере растекания этого вещества к краевым частям океанических бассейнов очаги толеитовых магм при фракционировании в среднеглубинных условиях формировали островодужные серии, а при фракционировании на большой глубине под толстой литосферой абиссальных равнин — щелочно-основные серии.

В результате дегазации верхней части магматического океана возникли атмосфера и гидросфера; осадконакопление в раннем докембрии контролировалось процессами конденсации воды в газо-паровой оболочке и было в основном эоловым и хемогенным.

Рассмотренная модель глобального магматического океана Земли и ее следствия позволяют, с одной стороны, устранить ряд труднообъяснимых противоречий (например, постоянное присутствие древних U-Pb датировок возраста цирконов в океанических базальтах), а с другой, по-новому подойти к реконструкции геологической истории развития структурно-вещественных комплексов Арктического бассейна и прилегающих территорий. Намечена следующая этапность формирования земной коры циркумполярной Арктики:

1. Формирование континентального и переходного типов коры (AR-PR).

В результате фракционирования глобального магматического океана поверхность всей циркумполярной Арктики была покрыта первичной кислой протокорой. Мощность кислого слоя океана, скорее всего, была неодинакова, поскольку состав его мог меняться по латерали, например, от лейкогранитного (центральный Алданский щит) до кварцдиоритового (восточная и южная часть Алданского щита, Анабарский щит). Последующие процессы роста и трансформации этого слоя в течение архея-протерозоя привели к формированию на его месте древних кратонов и их складчатых обрамлений; в пределах циркумполярной Арктики это Гренландско-Северо-Американский, Восточно-Европейский, Сибирский и Яно-Чукотско-Аляскинский (в настоящее время значительно погребенный). В итоге был образован единый гиперконтинент, слагающий побережье современных континентов и мелководный шельф СЛО со средней мощностью коры 30–40 км.

Что же касается современных, относительно опущенных блоков шельфа (Баренцевоморско-Карский бассейн) и глубоководного ложа (Амеразийский бассейн) СЛО, то здесь, как известно, континентальная кора имеет меньшую мощность (25–20 км и 25–11 км соответственно) — редуцированный «гранитный» слой или его полное отсутствие (Канадская котловина). С позиции неоднородности кислого слоя глобального магматического океана первичная кора здесь могла быть тоньше изначально; при этом наиболее тонкий (14–11 км) участок глубоководного ложа СЛО (Канадская котловина) мог представлять собой локальный промежуток в первичной коре, который после ее затвердевания и складчатости был заполнен мафит-ультрамафитовыми расплавами — продуктами глубинной дифференциации магматического океана. Подобные образования широко известны как архейские зеленокаменные пояса во всех кратонах по периферии СЛО (юго-западная Гренландия, провинция озера Верхнего в Канаде, северо-восточная и центральная части Балтийского щита и др.). Характерными особенностями этих структур, как известно, являются: диапировый характер внедрения основных магматических пород, синформность структур, метаморфизм зеленосланцевой или амфиболитовой фаций и неопределенность природы фундамента. В случае Канадской котловины заполнение ее основными магматическими продуктами наглядно отражено максимальным подъемом здесь границы Мохо относительно соседних блоков с кислой корой (Канадский щит и Чукотское плато в СЛО). Во-вторых, благодаря изначально более тонкой континентальной литосфере, и без того тонкая кора могла, но уже в протерозое, растягиваться под влиянием растекания астеносферы.

Таким образом, первый этап формирования циркумполярной Арктики (4,5–1,8 млрд. лет назад) завершился образованием близких по составу, но отличных по строению типов континентальной коры: 1) кратоны с мощной корой (35–40 км) и 2) переходный тип коры с сокращенной мощностью (до 25–11 км), в т.ч. древние зеленокаменные структуры типа Канадской котловины.

Сказанное хорошо подтверждается схемой районирования потенциальных полей циркумполярной Арктики (рис. 3), где Центрально-Арктический блок континентальной коры, занимая особое положение, наиболее близок к соседнему Яно-Чукотско-Аляскинскому кратону.

2. Складчатость континентальной коры и формирование древнего платформенного чехла (R-PZ).

Этот этап характеризуется широким развитием многоэтапной складчатости (главным образом, каледонской и герцинской) в краевых частях докембрийских кратонов. В циркумполярной Арктике это Норвежско-Баренцевоморская, Урало-Новоземельская, Североземельская, Иннуитско-Гренландская и складчатые системы (рис. 2). Магматические образования в этих складчатых системах представлены многочисленными лавовыми потоками и пластовыми интрузиями преимущественно основного состава.

Одновременно с этим на относительно опущенных блоках древнего кристаллического фундамента в усло-

виях мелководных бассейнов накапливались отложения эпипротерозойского платформенного чехла. При последующих тектонических циклах наиболее устойчивые центры платформенной стабилизации разрастались, превращаясь в молодые (эпикаледонские и эпигерцинские) платформы. Магматические образования платформ представлены большими по объему и однородными по составу платобазальтами, в том числе траппами и пластовыми интрузиями габбро.

В циркумполярной Арктике СВК древнего платформенного чехла широко развиты в пределах древних кратонов (Гренландско-Северо-Американского, Восточно-Европейского и Сибирского); предполагается, что ими также сложены Западно-Баренцевоморско-Карская и Центрально-Арктическая плиты в СЛО (рис. 2, 3).

Наряду с названными геологическими структурами этот этап характеризуется также широким развитием разновозрастных внутриконтинентальных рифтовых систем. В циркумполярной Арктике это рифей-палеозойские рифты Гренландско-Северо-Американской платформы, рифейские и девонские рифты Восточно-Европейской платформы, триас-юрские рифты Сибирской платформы. Магматические образования палеозойских рифтов представлены преимущественно основными породами, в т.ч. щелочными и умеренно-щелочными базальтами, а позднепалеозойские и раннемезозойские — траппами. Последние широко представлены в донно-каменном материале, драгированном со склонов поднятия Менделеева в СЛО [24]. Согласно модели В.С. Шкодинского [34] магматизм этого и последующих этапов связан с постаккреционной стадией остывания магматического океана Земли, в частности с остаточными расплавами, образующимися при кристаллизации его более глубинных частей. При этом подъем горячих мантийных потоков под континентами способствовал декомпрессионно-фракционному переплавлению в них крупных тел толеитовых экологитов с образованием значительных объемов пермо-триасовых траппов.

3. Формирование мезозойской складчатости и внутри-материковой Арктической депрессии (Т-К₂).

Этот этап в максимальной мере проявился в Яно-Чукотско-Аляскинском блоке континентальной коры циркумполярной Арктики. Здесь на погребенном и тектонизированном древнем (AR-PR) фундаменте в сохранившихся дорифейских массивах (Охотском и Омолонском) развита область мезозойской складчатости с широким проявлением, главным образом, меловых и кайнозойских эффузивов различного, преимущественно базальтового и трахибазальтового составов, а также гранитных массивов.

Одновременно с этим центральная часть циркумполярной Арктики испытала локальные прогибания блоков континентальной коры переходного типа с образованием Баренцевоморско-Карского и Амеразийского бассейнов и накоплением в них рыхлых отложений триасового, юрского и мелового возраста (рис. 1, 2). Границей, разделяющей эти мезозойские бассейны, явилась относительно приподнятая часть островного мелководья (Северная Земля, Земля Франца-Иосифа, Шпицберген).

Принципиальное же различие между этими структурами состоит в том, что Евразийский блок шельфа практически не испытал влияние мезозойской тектономагматической активизации, тогда как Амеразийский бассейн подвергся ее влиянию в полной мере. Многочисленные данные драгирования (хребет Ломоносова, поднятие Альфа-Менделеева, Чукотское плато), а также бурение глубоководных скважин на поднятии Менделеева [24] показали широкое распространение здесь юрско-меловых базальтов, трахибазальтов и трахиандезитов, трассируемых магнитными аномалиями [19]. С позиции модели В.С. Шкодзинского [34] этап мезозойского основного магматизма в циркумполярной Арктике мог быть связан с локальным проявлением магмопоток, генерируемых астеносферными очагами (в области плюмового плато-базальтового магматизма [33]).

4. Спрединг и формирование глубоководных доменов Арктического бассейна (Р-N).

На рубеже палеогена-неогена дно внутриматериковой Арктической геодепрессии было расколото океаническим хребтом Гаккеля, являющегося естественным продолжением САХ. Согласно модели глобального магматического океана массовое развитие афировых недифференцированных толеитовых лав в срединно-океанических хребтах объясняется тем, что над центральными частями поднимающихся суперплюмов очаги толеитовых магм не успевали остывать в астеносфере; они долго оставались там высокотемпературными и потому не подвергались процессам кристаллизации. При этом всплывание мантийных плюмов и соответственно погружение более холодного вещества вследствие влияния силы Кориолиса должно, по расчетам В.С. Шкодзинского [34], происходить не вертикально, а в виде сильно наклоненных потоков. В низких широтах, где величина силы Кориолиса максимальна, это вещество должно перемещаться почти горизонтально к западу и с повышенной скоростью; итог — возникновение здесь максимально (до 6300 км) широких полос новообразованной океанической коры. В циркумполярной Арктике, где величина силы Кориолиса минимальна, спрединг, естественно, был замедлен и реализован в виде узкого (1300 км) хребта Гаккеля с прилегающими к нему котловинами, к тому же, по-видимому, неглубокого заложения. Выполненные нами [19] батиметрические реконструкции дна СЛО на период заложения и развития хребта Гаккеля (палеоген-неоген) показали, что раздвиг дна был направлен на восток от оси спрединга, в результате чего Центрально-Арктический блок был сжат и слабо наклонен (на 9°) на запад от оси спрединга на расстояние до 1000 км, а затем опущен почти на 2 км относительно островной части Восточно-Европейского кратона.

Особенности строения и состава всех вышеперечисленных СВК характеризуются для каждого из них набором профилирующих индикаторных геохимических ассоциаций и иерархией зональности (глобальной, региональной, локальной), которые приняты нами в качестве ключевого инструмента при реконструкции вещественных неоднородностей дна Арктического бассейна. В случае геохимической близости разно-

возрастных комплексов для разграничения последних используются, где это возможно, U-Pb датировки возраста магматических и детритовых цирконов, а также сравнительный анализ последних с датированными цирконами из ранее изученных СВК побережья СЛО.

Ниже кратко рассмотрим рабочие варианты геохимических карт, построенных нами по донным отложениям СЛО и для СВК различных блоков коры, слагающих побережье, шельф и глубоководное ложе СЛО как соответствующий вклад в обоснование внешней границы континентального шельфа России.

Геохимическая карта донных отложений российского полярного сектора Арктики. Фактической основой карты являются данные геохимического опробования при составлении 18 листов для западной части СЛО, 9 листов — для восточной и 32 листов по побережью СЛО Гостеолкарты России масштаба 1:1 000 000, а также банк данных морского донного опробования СЛО [5], включающий 2171 геохимических проб, результаты анализов илов из 8 грунтовых донных трубок и данные опубликованных литературных источников.

Согласно актуализированной геологической карте СЛО (2014 г.) его западную часть (погруженный шельф Баренцево-морско-Карского бассейна) слагают триас-меловые осадочные породы с незначительной долей палеоген-неогеновых отложений мощностью от 1 до 4 км. На шельфе этого бассейна резко преобладают неогеновые отложения с подчиненной долей триас-меловых осадочных пород; мощность от 6 до 13 км. Шельф восточной части СЛО (Лаптево-морско-Чукотский бассейн) сложен неогеновыми образованиями с подчиненным развитием триас-мел-палеогеновых отложений; мощность от 2 до 7 км. Восточная часть глубоководного ложа СЛО (Амеразийский бассейн) сложена преимущественно меловыми (во впадинах мощность до 6 км) и архей-палеозойскими (на поднятиях) отложениями; западная часть ложа СЛО (Евразийский бассейн) выполнена палеоген-неогеновыми отложениями мощностью 3 км (во впадинах) и 0,5 км — на хребте Гаккеля. Все вышеперечисленные разновозрастные осадочные толщи повсеместно перекрыты четвертичными терригенными донными отложениями мощностью от 10 до 200 м [22].

На рис. 6 представлена геохимическая карта донных отложений СЛО и прилегающего побережья. Карта построена по оригинальной программной технологии «ГЕОСКАН» [28, 29], обеспечивающей выделение в автоматизированном режиме на I этапе геохимических ассоциаций, фиксирующих различные типы неоднородностей исследуемой природной среды; на II этапе — построение карты пространственного распределения геохимических ассоциаций на исследуемой территории.

Выделено 4 профилирующих группы геохимических ассоциаций (рис. 6). Первая группа (I, III) на карте имеет субширотную (параллельную побережью) ориентировку с поперечной зональностью, отражающей минерало-гранулометрическую дифференциацию рыхлых отложений побережья при поступлении и продвижении их в океан. Вторая группа геохимических ассоциаций (V, VIII) фиксирует специфику состава

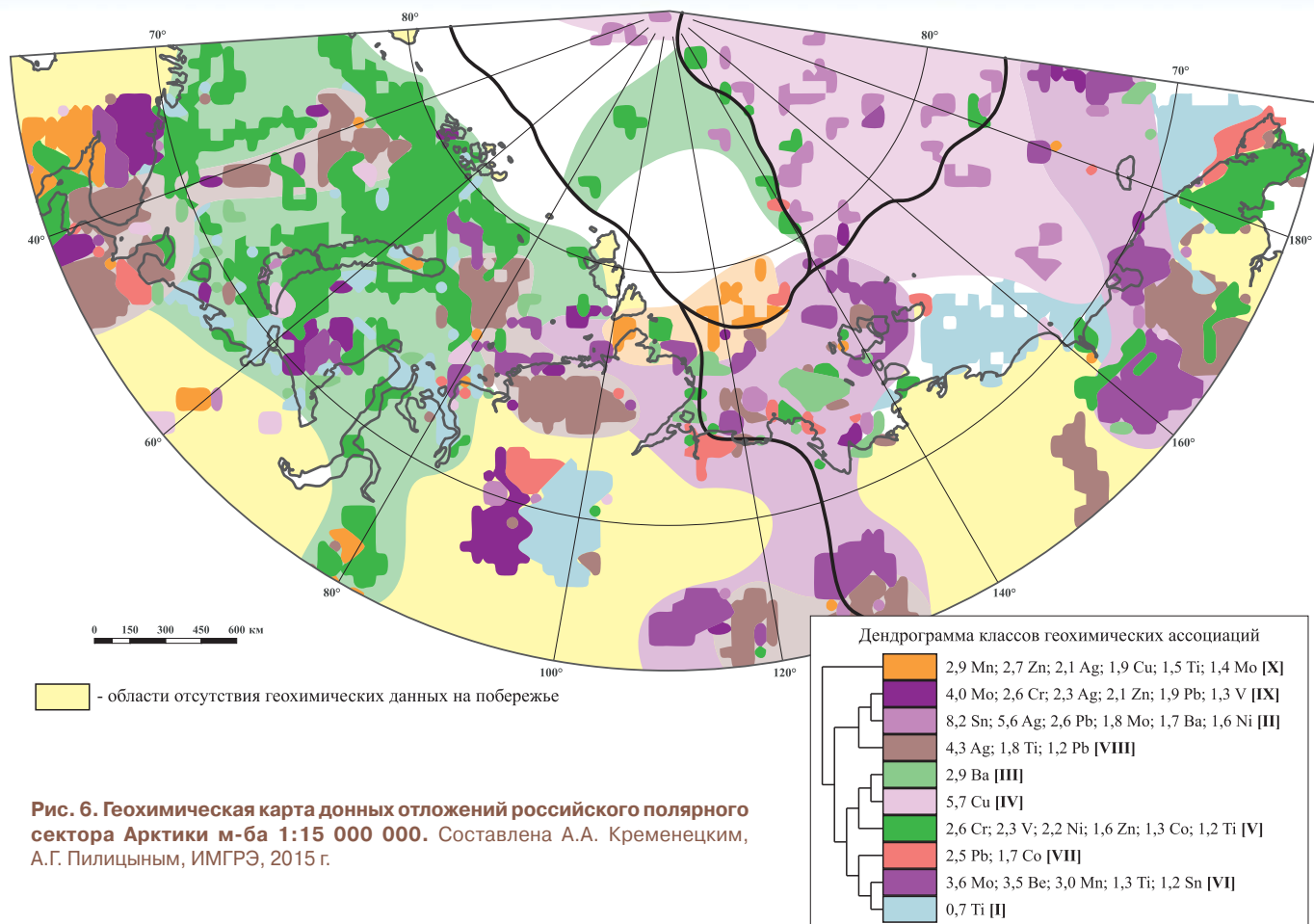


Рис. 6. Геохимическая карта донных отложений российского полярного сектора Арктики м-ба 1:15 000 000. Составлена А.А. Кременецким, А.Г. Пилицыным, ИМГРЭ, 2015 г.

коренных пород Восточно-Европейской платформы как источников сноса рыхлого материала в Баренцево-морско-Карский бассейн. Третья группа классов геохимических ассоциаций (II, VI) характерна для глубоководного ложа Амеразийского бассейна и обусловлена продуктами сноса с Яно-Чукотско-Аляскинского блока коры, включая специфику формирования глубоководных осадков. Четвертая группа геохимических ассоциаций (V и частично II) локально проявлена в пределах глубоководного ложа Евразийского бассейна.

Анализ геохимической карты донных отложений российского полярного сектора Арктики позволяет сделать следующие предварительные выводы:

1. Преобладающая доля терригенного материала донных осадков СЛО сформирована за счет разрушения коренных пород ближайшего побережья.

2. Близость геохимических ассоциаций восточной части островной части шельфа и побережья СЛО (Лаптево-морско-Чукотский бассейн) с донными осадками глубоководного ложа Амеразийского бассейна дает основание предполагать, что источником вещества для последних служили коренные породы Яно-Чукотско-Аляскинского блока континентальной коры.

Геохимическая карта структурно-вещественных комплексов российского полярного сектора Арктики. Фактической основой карты являются данные геохимического опробования коренных пород при составлении 6 листов для западной части СЛО, 7 листов для

восточной и 19 листов побережья СЛО Госгеолкарты России масштаба 1:1 000 000, а также коллекции пород (донно-каменный материал и керн глубоководных скважин), собранные в ходе экспедиции «Арктика — 2012» и по программе «DSDP». Распространенность исследуемых пород в пределах СЛО корректировалась границами геологических и геофизических неоднородностей, оконтуренных нами при составлении схем СВК (рис. 2) и потенциальных полей (рис. 3) циркумполярной Арктики.

При составлении геохимической карты СВК российского полярного сектора Арктики по технологии «ГЕОСКАН» выделено 3 профилирующих группы геохимических ассоциаций (рис. 7). Первая группа (II, III и частично VIII) характеризует терригенно-вулканогенные комплексы кристаллического фундамента и платформенного чехла; распространена исключительно в западной части СЛО, образуя аномальные геохимические поля на побережье Восточно-Европейской и Сибирской платформ, а также на островах шельфа Баренцево-морско-Карского бассейна. Вторая группа геохимических ассоциаций (VIII, IX) характеризует терригенно-карбонатные и вулканоплутонические комплексы; распространена на шельфе и островах Новосибирского архипелага, а также на подводном хребте Менделеева в глубоководном ложе СЛО (Амеразийский бассейн). Третья группа геохимических ассоциаций (VIII) характеризует состав основных магматических пород (базальты);

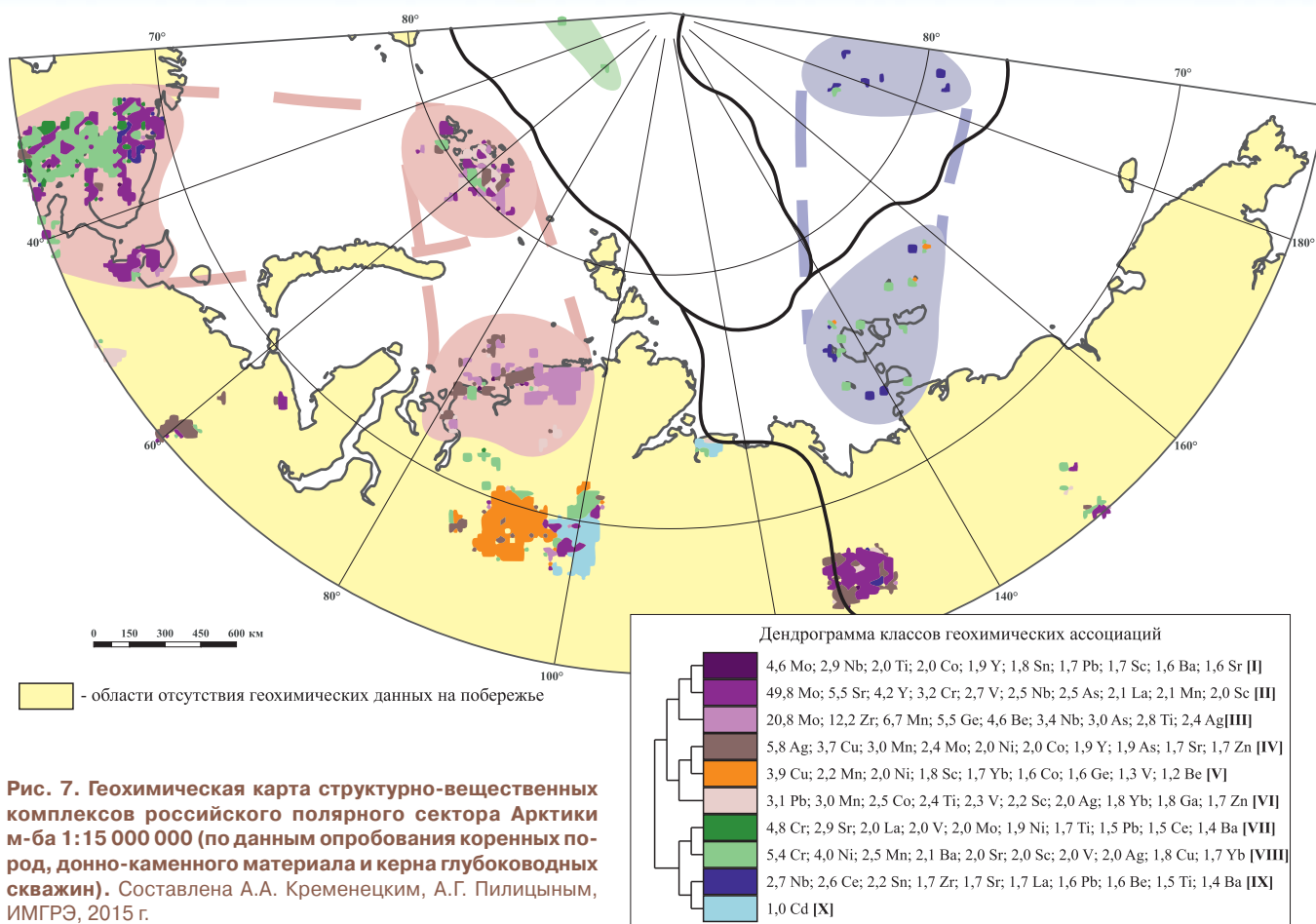


Рис. 7. Геохимическая карта структурно-вещественных комплексов российского полярного сектора Арктики м-ба 1:15 000 000 (по данным опробования коренных пород, донно-каменного материала и кернa глубоководных скважин). Составлена А.А. Кременецким, А.Г. Пилицыным, ИМГРЭ, 2015 г.

распространена на поверхности подводного хребта Гаккеля в Евразийском глубоководном бассейне.

Анализ геохимической карты СВК российского полярного сектора Арктики позволяет сделать следующие предварительные выводы:

1. Породы, слагающие западную и восточную части СЛО, имеют различную геохимическую специализацию, определяемую составом соответствующих блоков континентальной коры: Восточно-Европейский на западе (рис. 2, IА) и Яно-Чукотско-Аляскинский блок на востоке (рис. 2, IIIА). При этом близость геохимических характеристик островов Новосибирского архипелага и подводного хребта Менделеева подтверждает справедливость выделения единого Центрально-Арктического блока (при районировании потенциальных полей (рис. 3)) как периферийной части Яно-Чукотско-Аляскинского блока континентальной коры.

2. Особое положение подводного хребта Гаккеля в Евразийском глубоководном бассейне подтверждается геохимической специализацией базитовых пород как из кернa глубоководных скважин (рис. 7), так и из перекрывающих их донных отложений (рис. 6).

Суммируя полученные нами новые данные при районировании неоднородностей структурно-морфологических элементов, структурно-вещественных комплексов, потенциальных полей и изотопно-геохронологических характеристик пород циркумполярной Арктики, а также предварительные результаты геохимического картирования российского полярного сектора Аркти-

ки, можно утверждать, что глубоководное ложе Амеразийского бассейна СЛО и, в частности, подводный хребет Ломоносова и поднятие Менделеева являются естественным продолжением материковой части Евразии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артюшков Е.В., Поспелов В.А. Континентальная кора в глубоководных впадинах на северо-востоке Российского сектора Арктики // Геология полярных областей земли. — Т. 1. — М.: МТК, МГУ, 2009. — С. 24–27.
2. Белоусов В.В., Павленкова Н.И. Типы земной коры Европы и Северной Атлантики // Геотектоника. — 1989. — № 3. — С. 3–14.
3. Блюман Б.А. Земная кора континентов и океанов (анализ геолого-геофизических и изотопно-геохимических данных). — СПб: ВСЕГЕИ, 1998. — 152 с.
4. Бортников Н.С., Шарков Е.В., Богатиков О.А. и др. Находки молодых и древних цирконов в габброидах впадины Маркова, Срединно-Атлантический хребет, 5°30.6'–5°42.4' с.ш. (результаты SHRIMP-II U-Pb датирования): значение для понимания глобальной геодинамики современных океанов // ДАН. Геохимия. — 2008. — Т. 421. — № 3. — С. 240–248.
5. Бурский А.З., Яковлева Т.В., Маркова Т.В., Денисевич О.А. Банк данных «Морское донное опробование» шельфа Арктических морей России и Северного Ледовитого океана (пример его использования) // Региональная геология и металлогения. — 2014. — № 57. — С. 17–26.
6. Верхбицкий В.Е. и др. Генезис хребтов Альфа-Менделеева и Ломоносова (Амеразийский бассейн) // ДАН. — 2012. — Т. 444. — № 4. — С. 407–411.
7. Вогт П.В., Ковач Л.К., Перри Р.К., Тейлор П.Т. Амеразийский бассейн, северный Ледовитый океан: магнитные аномалии и их расшифровка // Тр. XXVII МГК. — 1984. — Т. 4. — С. 128–136.
8. Гаккель Я.Я. Морфотектонические черты Арктического бассейна / Проблемы Арктики и Антарктики. — Л.: Морской транспорт. — 1962. — Вып. 11. — С. 25–29.
9. Глебовский В.Ю., Каминский В.Д., Минаков А.Н. и др. История формирования Евразийского бассейна Северного Ледовитого океана

по результатам геостратиграфического анализа аномального магнитного поля // Геотектоника. — 2006. — № 4. — С. 21–42.

10. Гуревич Н.И., Машенков С.П., Астафурова Е.Г. Новые сведения об эволюции Американо-Северного суббассейна (Северный Ледовитый океан) по геофизическим данным // Геология морей и океанов. — Т. 1.: Тезисы доклада Междунар. школы морской геологии. — 2001. — С. 159–160.

11. Деменицкий Р.М., Киселев Ю.Г. Особенности строения морфологии дна и осадочного чехла центральной части хребта Ломоносова по сейсмическим исследованиям // Геофизические методы разведки в Арктике. — Вып. 5. — Л., 1968. — С. 33–46.

12. Дитц Р., Шамвей Д. Геоморфология Арктического бассейна / Геология Арктики. — М.: Мир, 1964. — С. 484–501.

13. Карасик А.М. Магнитные аномалии хребта Гаккеля и происхождение хребта Гаккеля Северного Ледовитого океана // Геофизические методы разведки в Арктике. — Вып. 5. — Л.: НИИГА, 1968. — С. 9–19.

14. Кашубин С.Н., Павленкова Н.И., Петров О.В. и др. Типы земной коры Циркумполярной Арктики // Региональная геология и металлогения. — 2013. — № 55. — С. 5–20.

15. Киселев Ю.Г. Структура земной коры и геофизические поля глубоководной части Северного ледовитого океана / 27-й Международный геологический конгресс. Геология Мирового океана. — М.: Наука, 1984. — С. 163–173.

16. Киселев Ю.Г. Глубинная геология Арктического бассейна. — М.: Недра, 1986. — 224 с.

17. Костицын Ю.А., Белоусова Е.А., Бортников Н.С., Шарков Е.В. Циркон в габброидах из осевой зоны Срединно-Атлантического хребта: U-Pb-возраст и $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ -отношения (результаты исследований методом лазерной абляции) // ДАН. — 2009. — Т. 428. — № 5. — С. 654–662.

18. Кременецкий А.А., Костицын Ю.А., Морозов А.Ф., Рекант П.В. Источники вещества магматических пород поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан) по изотопно-геохимическим данным // Геохимия. — 2015. — № 6. — С. 487–500.

19. Кременецкий А.А., Пилицын А.Г. Эволюция арктической геодерисии — основа рудо- и нефтегазообразования в системе океан-континент / Процессы рудообразования и прикладная геохимия (к 100-летию Л.Н. Овчинникова). — М.: ИМГРЭ, 2013. — С. 146–165.

20. Кременецкий А.А., Громалова Н.А. Природа древних цирконов из пород Срединно-Атлантического хребта и поднятия Менделеева в Северном Ледовитом океане // Fundamental Research. — 2013. — № 10. — Р. 594–600.

21. Ласточкин А.Н., Нарышкин Г.Д. Новые представления о рельефе дна Северного Ледовитого океана. Океанология. — 1989. — Т. XXIX. — Вып. 6. — С. 968–973.

22. Левитан М.А., Лаврушин Ю.А., Штайн Р. Очерки истории седиментации в Северном Ледовитом океане и морях Субарктики в течение последних 130 тыс. лет. — М.: ПЛС, 2007. — 404 с.

23. Леонтьев О.К. Новые данные по глобальной геоморфологии дна Мирового океана. — Л., 1975. — С. 25–28.

24. Морозов А.Ф., Петров О.В., Шокальский С.П. и др. Новые геологические данные, обосновывающие континентальную природу области Центрально-Арктических поднятий // Региональная геология и металлогения. — 2013. — № 53. — С. 34–55.

25. Объяснительная записка к тектонической карте Арктики и Субарктики масштаба 1:5 000 000. — М.: Недра, 1970. — 44 с.

26. Пискарев А.Л. Строение фундамента Евразийского бассейна и центральных хребтов Северного Ледовитого океана // Геотектоника. — 2004. — № 6. — С. 49–66.

27. Поселов В.А., Грамберг И.С., Мурзин Р.Р. и др. Структура и границы континентальной и океанической литосферы Арктического бассейна // Российская Арктика: геологическая история, минералогия, геоэкология / Гл. ред. Д.А. Додин, В.С. Сурков. — СПб.: ВНИИОкеангеология, 2002. — С. 121–133.

28. Свидетельство № 2003611249 об официальной регистрации программы для ЭВМ «Многофункциональный автоматизированный пакет программ компьютерного обеспечения геохимического картирования — «ГЕОСКАН». — М.: ФГУП «ИМГРЭ», (RU), 2003.

29. Свидетельство № 2010617089 о государственной регистрации программ для ЭВМ GeoScan 2D. — М.: ФГУП «ИМГРЭ», (RU), 2009.

30. Сколотнев С.Г., Бельтнев В.Е., Лепехина Е.Н., Ипатьева И.С. Молодые и древние цирконы из пород океанической литосферы Центральной Атлантики, геотектонические следствия // Геотектоника. — 2010. — № 6. — С. 24–59.

31. Тектоническая карта Арктики и Субарктики масштаба 1:5 000 000 / Гл. ред. И.П. Атласов. — Л.: НИИГА, 1964.

32. Трухалев А.И., Погребницкий Ю.Е., Беляцкий Б.В. и др. Древние породы в Срединно-Атлантическом хребте // Отечественная геология. — 1993. — № 11. — С. 81–89.

33. Шипилов Э.В. Суперплюмовые события в истории становления Арктического океана: Матер. междунар. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Д.Г. Панова (8–11 июня 2009 г.). — Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2009. — С. 356–359.

34. Шкодзинский В.С. Петрология литосферы и кимберлитов (модель горячей гетерогенной аккреции Земли). — Якутск: Издательский дом СВФУ, 2014. — 452 с.

35. Шулятин О.Г., Андреев С.И., Беляцкий Б.В., Трухалев А.И. Возраст и этапность формирования магматических пород Срединно-Атлантического хребта по геологическим и радиологическим данным // Региональная геология и металлогения. — 2012. — № 50. — С. 28–36.

36. Brozena J.M., Childers V.A., Lanwer L.A. et al. New aerogeophysical study of the Eurasian Basin and Lomonosov Ridge: Implications for basin development // Geology. — 2003. — V. 31. — № 9. — P. 825–828.

37. Coakley B.J., Cochran J.R. Gravity evidence of very thin crust at the Gakkel Ridge (Arctic Ocean) // Earth and Planetary Science Letters. — 1998. — V. 162. — P. 81–95.

38. Coltorti V., Bonadiman C., O'Reilly S., Griffin W., Pearson N. Buoyant ancient continental mantle embedded in oceanic lithosphere (Sal Island, Cape Verde Archipelago) // Lithos. — 2010. — Vol. 120. — P. 223–233.

39. Forsyth D.A., Asudeh I., Green A.G., Jackson H.R. Crustal Structure of the northern Alpha Ridge beneath the Arctic Ocean // Nature. — 1986. — V. 322. — P. 349–352.

40. Gaina C., Werner S.C., Saltus R., Maus S. The Camp-GM GROUP, 2011. Chapter 3. Circum-Arctic mapping project: new magnetic and gravity anomaly maps of the Arctic. Arctic Petroleum Geology // Geological Society, London, Memoirs. — 2011. — P. 35, 39–48.

41. Hall J.K. Geophysical evidence for ancient Sea-floor Spreading from Alpha Cordillera and Mendeleev Ridge // Arctic Geology. Memoir. — 1973. — № 19. AAPG. — P. 542–561.

42. Jackson H.R., Forsyth D.A., Johnson G.L. Oceanic affinities of the Alpha Ridge, Arctic ocean // Marine Geology. — 1986. — V. 73. — P. 237–261.

43. Liu C.-Z., Snow J., Hellebrand E. et al. Ancient highly heterogeneous mantle beneath Gakkel Ridge, Arctic Ocean // Nature. — 2008. — Vol. 452. — P. 311–316.

44. Petrov, O., Smelror, M., Morozov, A. et al. and TeMAr Working Group Tectonic model and Map of the Arctic region (TeMAr) // Tectonophysics, 2015 (in press).

45. Vogt P.R., Ostenso N.A. Magnetic and gravity profiles across the Alpha Cordillera and their relation to Arctic sea-floor spreading // J. Geoph. Res. — 1970. — V. 75. — P. 4925–4938.

© Коллектив авторов, 2015

Кременецкий Александр Александрович // nauka@imgre.ru
 Морозов Андрей Федорович // amorozov@rosnedra.gov.ru
 Пилицын Алексей Гаврилович // allexpil@yandex.ru
 Бескин Семен Матвеевич // imgre@imgre.ru
 Полякова Татьяна Николаевна // imgre2010@yandex.ru
 Мильштейн Евгения Дововна // Evgenia_Milshtein@vsegei.ru

УДК 553.09.350.41

Криночкин Л.А. (ФГУП «ИМГРЭ»)

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ЛОКАЛИЗАЦИИ ВЫСОКОРЕСУРСНЫХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ПЛОЩАДЕЙ ПРИ РЕГИОНАЛЬНЫХ РАБОТАХ

Изучено распределение аномальных полей адсорбированных углеводородных газов и наложенных ореолов микро-элементов в почвах нефтегазоносных районов. На основе установленных геохимических критериев разработана технология локализации площадей, перспективных на обнаружение крупных месторождений нефти и газа. В традиционных нефтегазодобывающих регионах европейской части России обоснована возможность выявления потенциальных высокоресурсных нефтегазоносных площадей.
Ключевые слова: региональные геохимические работы, геохимические критерии, прогнозирование, нефтегазоносность, адсорбированные углеводородные газы.