



Минерально-сырьевые кластеры Арктической зоны России и перспективы расширения внешней границы её континентального шельфа

Mineral-and-energy clusters of the Russian Arctic and prospects for expanding the outer boundary of its continental shelf

Кременецкий А. А., Спиридонов И. Г.,
Пилицын А. Г., Веремеева Л. И.

Kremenetsky A. A., Spiridonov I. G.,
Pilitsyn A. G., Veremeeva L. I.

Обоснован проект организации минерально-сырьевых кластеров с пространственным сопряжением месторождений твёрдых полезных ископаемых (ТПИ) и углеводородного сырья (УВС), локализованных на континентальной окраине и шельфе Арктической зоны Российской Федерации. Охарактеризованы четыре минерально-сырьевых кластера: Мурманско-Баренцевоморский, Ямало-Норильский, Ленско-Лаптевоморский и Северо-Восточно-Чукотский с соответствующим описанием минерально-сырьевой базы ТПИ и УВС, а также обоснованием перспективных площадей выявления золоторудного и медно-порфирирового оруденения в Северо-Восточно-Чукотском кластере.

Рассмотрен пример прогноза и локализации нефтегазоносности в глубоководной части Арктического бассейна за пределами 200-мильной зоны шельфа РФ. Приведены геолого-морфоструктурные доказательства эпиконтинентальной природы дна Амеразийского и Евразийского бассейнов в качестве критерия обоснования права России на расширение внешней границы континентального шельфа.

Ключевые слова: минерально-сырьевые кластеры, твёрдые полезные ископаемые, углеводородное сырьё, золоторудное и медно-порфирировое оруденение, геолого-морфоструктурное районирование, Евразийский бассейн, хребет Гаккеля, внешняя граница континентального шельфа, Арктическая зона РФ.

The project of organizing mineral-and-energy clusters with spatial conjugation of deposits of solid minerals (SM) and hydrocarbons (HC) localized on the continental margin and shelf of the Arctic zone of the Russian Federation is substantiated. Four clusters of the kind are characterized, i.e.: Murmansk-Barents, Yamal-Norilsk, Lena-Laptev Sea and Northeast-Chukotka, with the corresponding characteristics of the SM and HC resource bases, as well as substantiation of the bedrock gold and porphyry copper prospective areas in the Northeast-Chukotka cluster.

An example of prediction and localization of the HC accumulations in the deep-water part of the Arctic Basin outside the 200-mile zone of the Russian shelf is considered. Geological and morphostructural evidence of the epicontinental nature of the bottom of the Amerasian and Eurasian basins is presented as a criterion for substantiating Russia's right to expand the outer boundary of the continental shelf.

Key words: mineral-and-energy cluster, solid minerals, hydrocarbons, bedrock gold and porphyry copper mineralization, geological and morphostructural zoning, the Eurasian Basin, the Gakkell Ridge, the outer boundary of the continental shelf, the Arctic zone of the Russian Federation.

Для цитирования: Кременецкий А. А., Спиридонов И. Г., Пилицын А. Г., Веремеева Л. И. Минерально-сырьевые кластеры Арктической зоны России и перспективы расширения внешней границы её континентального шельфа. Руды и металлы. 2022. № 4. С. 32–53. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10021

For citation: Kremenetsky A. A., Spiridonov I. G., Pilitsyn A. G., Veremeeva L. I. Mineral-and-energy clusters of the Russian Arctic and prospects for expanding the outer boundary of its continental shelf. Ores and metals, 2022, № 4, pp. 32–53. DOI: 10.47765/0869-5997-2022-10021



Циркумполярная Арктика, как известно, обладает огромным минерагеническим потенциалом. Здесь на континентальной окраине сосредоточено значительное количество месторождений цветных, благородных, редких и радиоактивных металлов (рис. 1, а), а на шельфе и в глубоководной части океана – миллиардные ресурсы нефти и газа (см. рис. 1, б). Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) включает сухопутную часть континентальной окраины (площадь более 4,7 млн км²) и континентальный шельф (площадь около 5 млн км²) с перспективой его расширения до 1,3 млн км² за пределами 200-мильной зоны, согласно Заявкам России, направленным в Комиссию ООН в 2001 и 2015 гг. К настоящему времени на сухопутной территории и континентальном шельфе АЗРФ создана уникальная минерально-сырьевая база твёрдых полезных ископаемых (ТПИ) (табл. 1) и углеводородного сырья (УВС) (табл. 2). При этом, несмотря на значительные запасы отдельных видов ТПИ, например, титана, меди, олова, серебра, сурьмы, алмазов (25–50 % запасов РФ), редкоземельных металлов, платиноидов и скандия (70–90 % запасов РФ), а также УВС и, прежде всего, конденсата и свободного горючего газа (58–76 % запасов РФ), доля разрабатываемых в настоящее время месторождений в АЗРФ относительно невелика. Исключение составляют: Мурманская область, обеспечивающая 88–100 % от добычи по РФ апатитовых руд, редкоземельных металлов, галлия, рубидия, титана и циркония; Мурманская область и север Красноярского края обеспечивают основную долю запасов (81,8 %) и практически всю добычу никеля (99,6 %), а также кобальта (66,3 % и 92,4% соответственно) в РФ; Красноярский край, обеспечивающий более 95 % добычи меди в АЗРФ и 96 % от добычи платиноидов в целом по России, и, наконец, Архангельская область и Республика Саха, обеспечивающие более 30 % от добычи коренных и россыпных алмазов по РФ. Ведущее место по добыче углеводородов в АЗРФ занимает Ямало-Ненецкий АО: свободного газа (96 % от добычи по АЗРФ и более 83 % от добычи в целом по России) и конден-

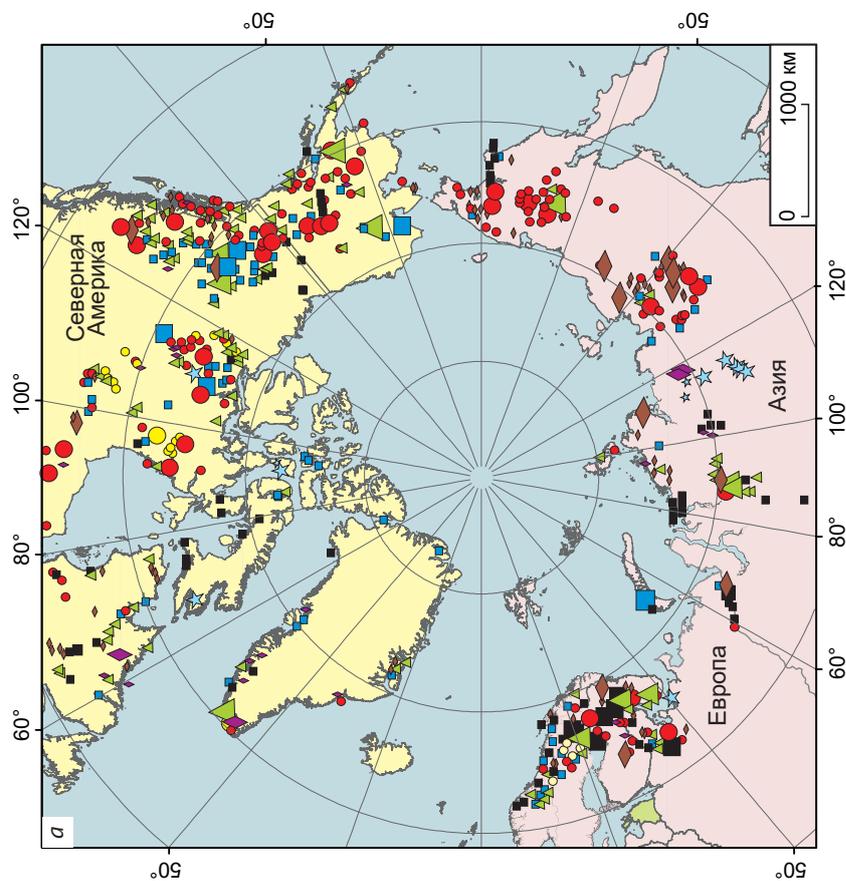
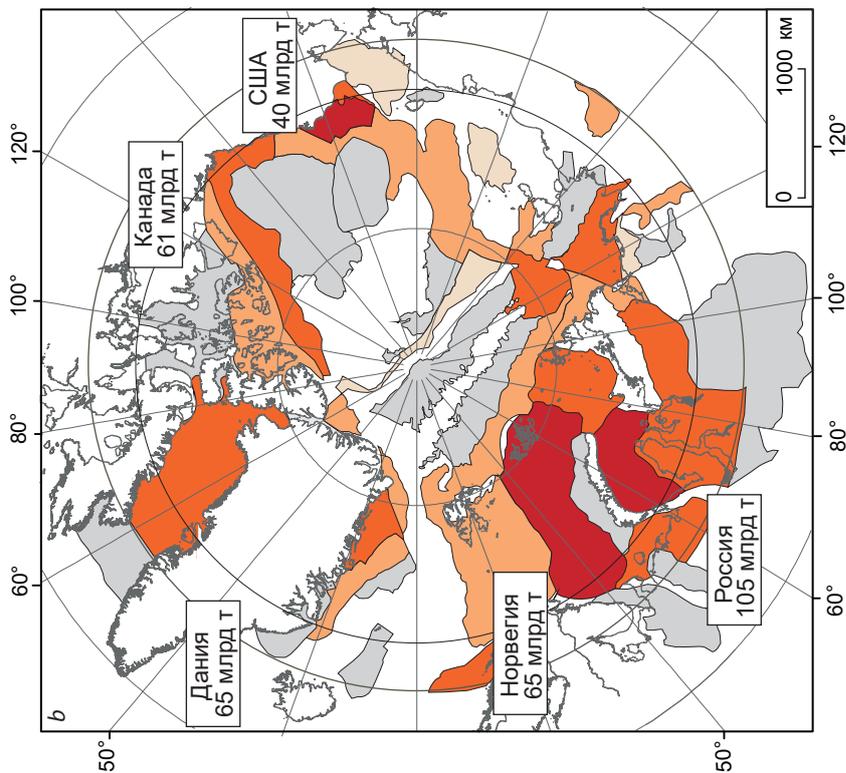
сата 56 и 40 % соответственно. На шельфе Россия занимает первое место по добыче УВС – более 50 % относительно США и Норвегии (рис. 2, б).

По данным Всесоюзной переписи населения 1989 г. и данным Росстата за 2017 г., за последние 30 лет население Арктической зоны РФ сократилось в целом в 1,24 раза (с 3,1 млн человек до 2,5 млн): в 1,2–1,5 раз в Западной части АЗРФ (Мурманская обл., Карелия и Архангельская обл.) и в 2–3,2 раза – в Центральной и Восточной частях (Воркута, 13 северных районов Якутии и Чукотка). Стабильной сохраняется численность населения в Ямало-Ненецком АО и Красноярском крае с незначительным приростом (в 1,12 раза) в Ненецком АО. Причин тому, как известно, несколько: сокращение и прекращение деятельности ряда горнопромышленных предприятий, «замораживание» инфраструктуры Северного морского пути, отток коренного населения, вследствие перехода от принудительно-поощрительной миграции населения на Север к вахтовому методу при освоении природных ресурсов Северо-Восточных регионов и т.д.

В настоящее время одним из реальных рычагов рентабельного освоения существующей минерально-сырьевой базы ТПИ и УВС на этой территории с активным пополнением ресурсов высоколиквидного, дефицитного, стратегического и энергетического сырья, является создание в АЗРФ и долговременное функционирование минерально-сырьевых центров (МСЦ). Обобщение и анализ многочисленных проектов и предложений по организации МСЦ ТПИ и УВС в АЗРФ [1–4, 9] позволяет сформулировать следующие ключевые критерии обоснования размещения последних на основе принципа частно-государственного партнёрства:

1. Территориальная сближенность главных системообразующих элементов МСЦ, обладающих необходимым ресурсным потенциалом разведанных и прогнозируемых видов ТПИ и УВС.

2. Наличие действующих (и проектируемых) горно-обогатительных комбинатов и предприятий по добыче, переработке и



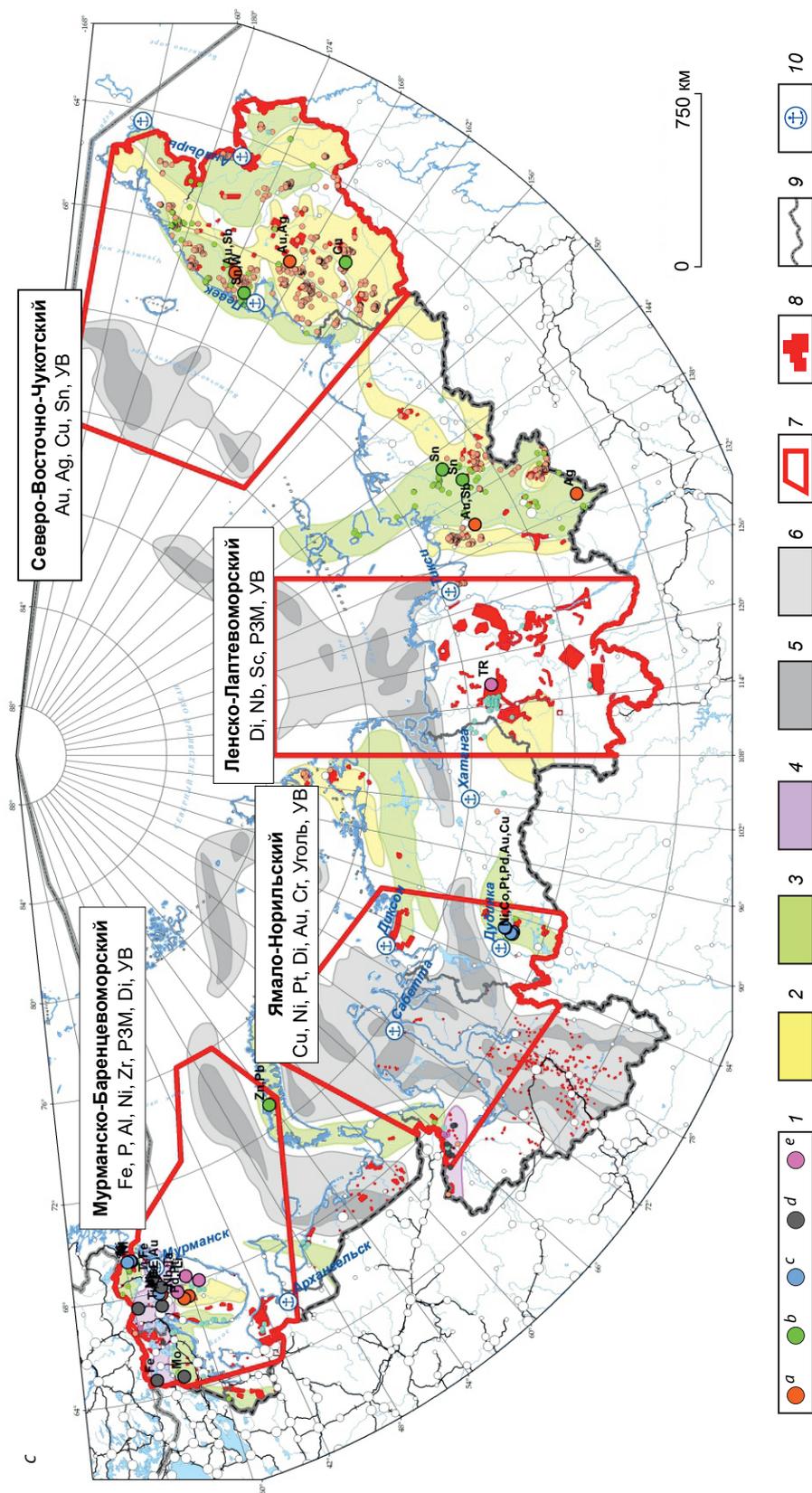


Рис. 1. Распространение месторождений твёрдых полезных ископаемых (а), ресурсов углеводородного сырья в Циркумполярной Арктике (b) и планируемые минерально-сырьевые кластеры в Арктической зоне России (с):

1 – месторождения ТПИ: *a* – Au, Ag, Pt, *b* – Cu, Pb, Zn, Sn, *c* – Ni, Co, *d* – Fe, Mo, *e* – TR; аномальные геохимические поля: 2 – Au, Ag, 3 – Cu, Pb, Zn, 4 – Cr, Ni, Fe, Mo; месторождения УВС: 5 – ранг районов, 6 – ранг провинций; 7 – минерально-сырьевые кластеры; 8 – действующие лицензии на все виды полезных ископаемых; 9 – граница АЗРФ; 10 – морские и речные порты

Fig. 1. Distribution of (a) mineral deposits, and (b) hydrocarbon resources in the Circumpolar Arctic; (c) project mineral-and-energy clusters in the Arctic Russia:
1 – Mineral deposits: *a* – Au, Ag, Pt; *b* – Cu, Pb, Zn, Sn; *c* – Ni, Co; *d* – Fe, Mo; *e* – TR; anomalous geochemical fields: 2 – Au, Ag; 3 – Cu, Pb, Zn; 4 – Cr, Ni, Fe, Mo; hydrocarbon pools: 5 – ranked as districts, 6 – ranked as provinces; 7 – mineral-and-energy clusters; 8 – valid licenses for all types of minerals and hydrocarbon; 9 – border of the Russian Arctic; 10 – sea and river ports

Табл. 1. Виды и доля запасов твёрдых полезных ископаемых Арктической зоны России в объёмах запасов и добычи по РФ (данные ФГБУ «ВСЕГЕИ», по состоянию на 01.01.2020 г.) [10]

Table 1. Types and proportions of the Russian Arctic mineral reserves in the total national reserves and production (data of FSBI "VSEGEI", as of 01.01.2020) [10]

Группа и вид полезного ископаемого	Группа значимых полезных ископаемых*	Количество месторождений полезных ископаемых	Единицы измерения	Запасы (A+B+C ₁ , для УВС – A+B ₁ +C ₁)	% от запасов по РФ	C ₂ ; для УВС – B ₂ +C ₂	Забалансовые запасы	Добыча за предшествующий год	% от добычи по РФ
Металлические полезные ископаемые									
<i>Чёрные металлы</i>									
Железные руды	1	22	тыс. т	1 700 811	2,9	1 127 994	777 550	28 056	8,1
Хромовые руды	3	18	тыс. т	6811	37	5380	-	261	43,9
Титан (TiO ₂)	3	10	тыс. т	78 733	30,3	51 638	20 377	446	100
<i>Цветные металлы</i>									
Медь	1	31	тыс. т	30 238,7	41,1	11 253,3	6538,5	441,4	46,2
Никель**	1	31	тыс. т	21 154,1	81,8	7569,1	3293,8	270,1	99,6
Кобальт**	1	23	тыс. т	104,1	66,3	523,5	223,4	12,0	92,4
Свинец	2	3	тыс. т	580,6	5,7	508,7	173,4	0	0
Цинк	2	1	тыс. т	1325,3	3,2	1162,6	531,1	0	0
Молибден	1	2	т	188 459	12,6	11 1228	106 299	0	0
Вольфрам	1	43	т	59 716	6,4	36 894	27 840	0	0
Олово	1	124	тыс. т	802,496	50,5	164,117	208,19	0	0
Бокситы	3	1	тыс. т	12 079	1,1	2174	-	0	0
Сурьма	2	2	т	44 020	27,1	43 605	8637	0	0
<i>Редкие металлы</i>									
Цирконий	3	2	тыс. т	1039,3	16,9	1162	7664,7	18,5	100
<i>Рассеянные элементы</i>									
Галлий		9	т	74 522,1	71,8	9962,8	-	727,6	88
Индий		4	т	-	-	619	1,6	0,0	0
Рубидий (оксид рубидия)		10	т	273 824,1	57	43 007,4	-	2616,0	97,9
Цезий (оксид цезия)		10	т	1543,3	2,1	2629,9	-	8,4	45,4
Рений	3	1	т	-	-	127,5	73,3	0	0
Селен		14	т	30,9	0,1	31 565,5	1166,2	31,3	1,7
Скандий	1	1	т	9736	90,1	4021	3912	0	0
Теллур		14	т		9,5	12 970,6	489,1		3,7
<i>Редкоземельные металлы</i>									
Редкоземельные металлы	(3)	11	тыс. т	14 708,8	71,4	6988,9	6708,7	111,6	100
<i>Благородные металлы</i>									
Золото	2	591	кг	1 109 126	12,6	592 312	379 442	32 765	7,4
Серебро	2	44	т	14 666,6	25,3	12 786,3	3635,3	119,2	5,2
Платиноиды	1	35	кг	8 977 758	78,6	3 568 662	856 245	141 134	96,1

* См. в таблице 2; ** По состоянию на 01.01.2022.



Табл. 2. Виды и доля запасов неметаллических и горючих полезных ископаемых Арктической зоны России в объёмах запасов и добычи по РФ (данные ФГБУ «ВСЕГЕИ», по состоянию на 01.01.2020 г.) [10]

Table 2. Types and proportions of the non-metallic mineral reserves and fossil fuels in the Arctic zone of Russia in the total national reserves and production (data of FSBI "VSEGEI", as of 01.01.2020) [10]

Группа и вид полезного ископаемого	Группа значимых полезных ископаемых*	Количество месторождений полезных ископаемых	Единицы измерения	Запасы (A+B+C ₁ , для УВС – A+B ₁ +C ₁)	% от запасов по РФ	C ₂ ; для УВС – B ₂ +C ₂	Забалансовые запасы	Добыча за предшествующий год	% от добычи по РФ
Неметаллические полезные ископаемые									
Апатитовые руды	1	14	тыс. т	479 133	67,6	103 105	46 280	5834	99,2
Алмазы	2	24	млн карат	259,2	29,0	18,84	48,67	17,24	37,6
Алмазы импактные		2	млн карат	100 357,3	100	167 627,3	43 090	0	0
Горючие полезные ископаемые									
<i>Жидкие и газообразные горючие</i>									
Нефть	2	282	млн т	3879,47	20,8	4201,377		69,271	13,2
Газы горючие (свободный газ)	1	204	млрд м ³	37 417,49	76,3	16 898,31		607,517	87,4
Газы горючие (растворённый газ)	1	264	млрд м ³	390,67	25,2	645,663		9,164	1,3
Конденсат		157	млн т	1352,2	58	1303,034		20,598	71,4
<i>Твёрдые горючие</i>									
Уголь	1	45	млн т	7162,71	3,6	2062,96	5735,7	8,147	2
Вольфрам	1	43	т	59 716	6,4	36 894	27 840	0	0

* 1 – полезные ископаемые, запасы которых при любых сценариях развития экономики удовлетворят необходимые потребности до 2035 г. и в последующий период; 2 – полезные ископаемые, достигнутые уровни добычи которых недостаточно обеспечены запасами разрабатываемых месторождений на период до 2035 г.; 3 – дефицитные полезные ископаемые, внутреннее потребление которых в значительной степени обеспечивается вынужденным импортом и (или) складированными запасами.

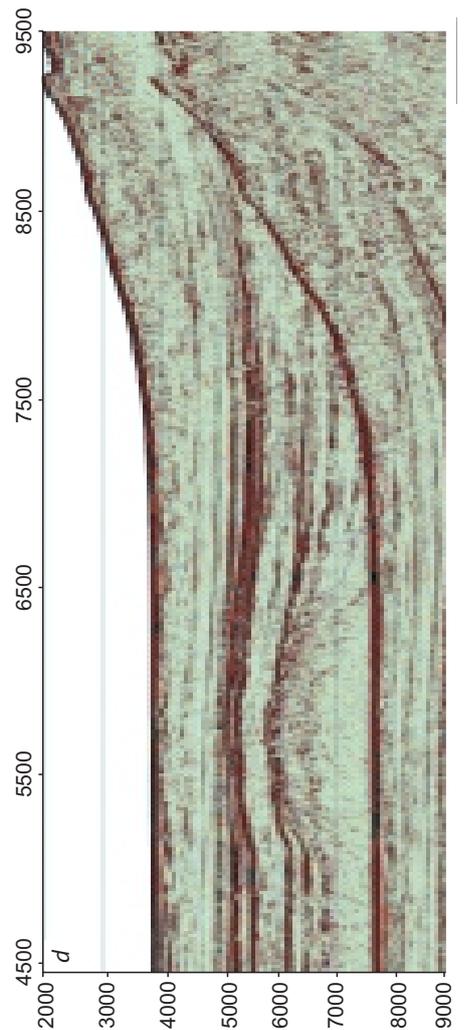
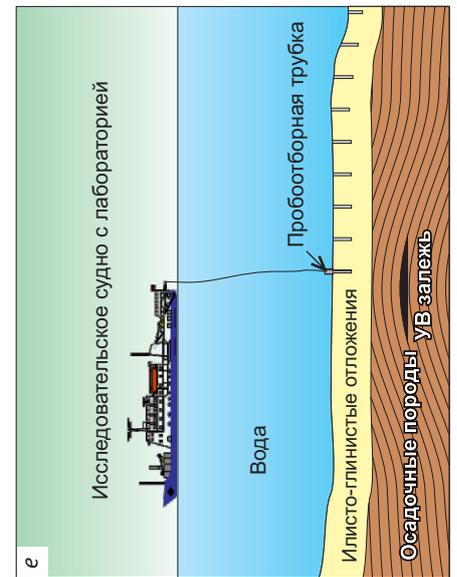
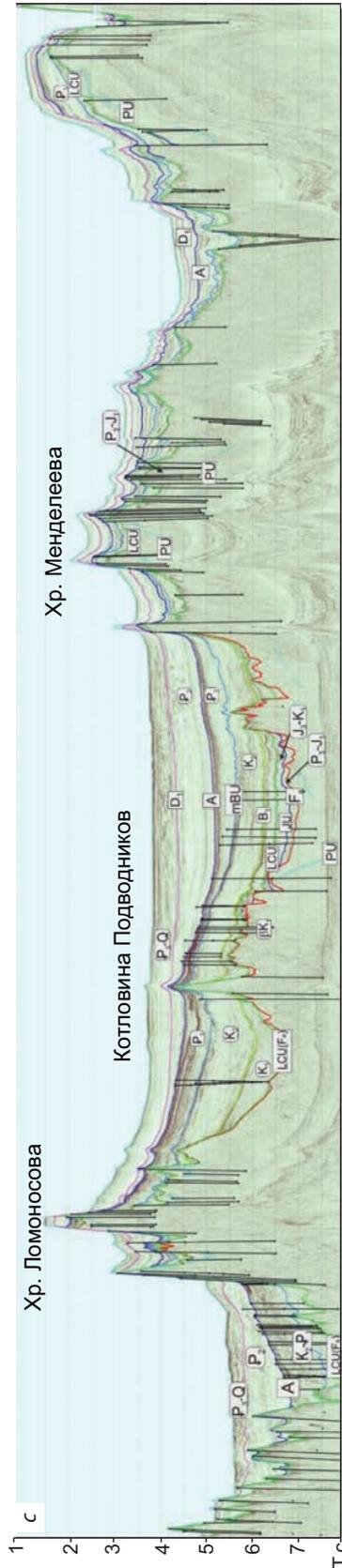
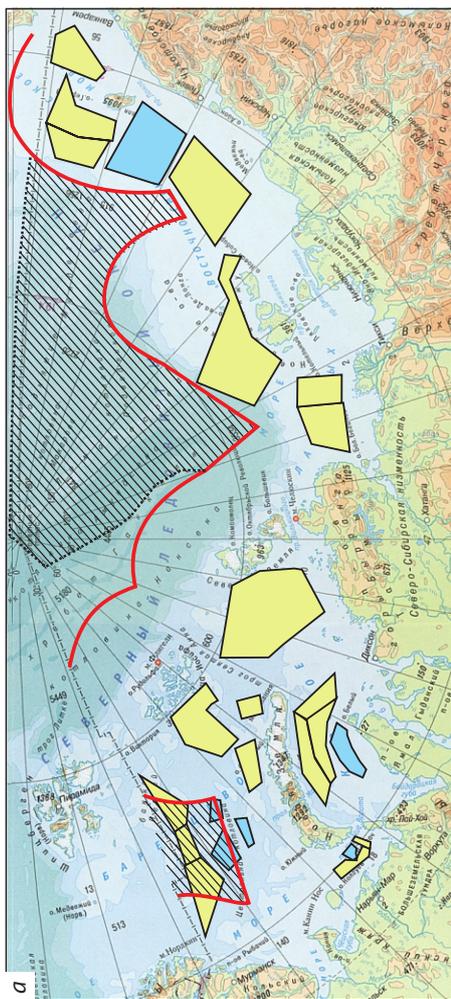
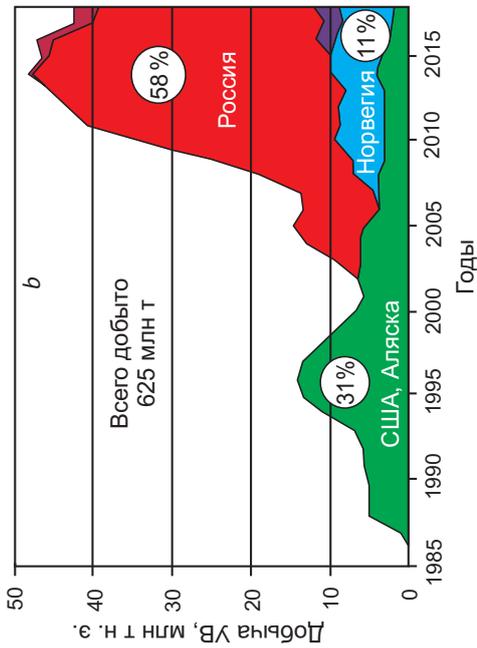
транспортировке ТПИ и УВС, а также инфраструктуры, обеспечивающей их деятельность: транспорт, энергетика, связь, кадры и технологии.

3. Выделение, в контурах планируемых МСЦ, опорных площадей, характеризующихся сопряжённым расположением действующих и проектируемых технологических центров добычи и переработки ТПИ и УВС, с

учётом близости их к транспортным системам.

4. Действующий лицензионный фонд недр на ТПИ и УВС в контурах планируемого МСЦ, с учётом территориальной близости лицензионных участков к существующим ресурсным и инфраструктурным объектам.

5. Прогнозно-поисковый задел площадей, перспективных на выявление новых объектов



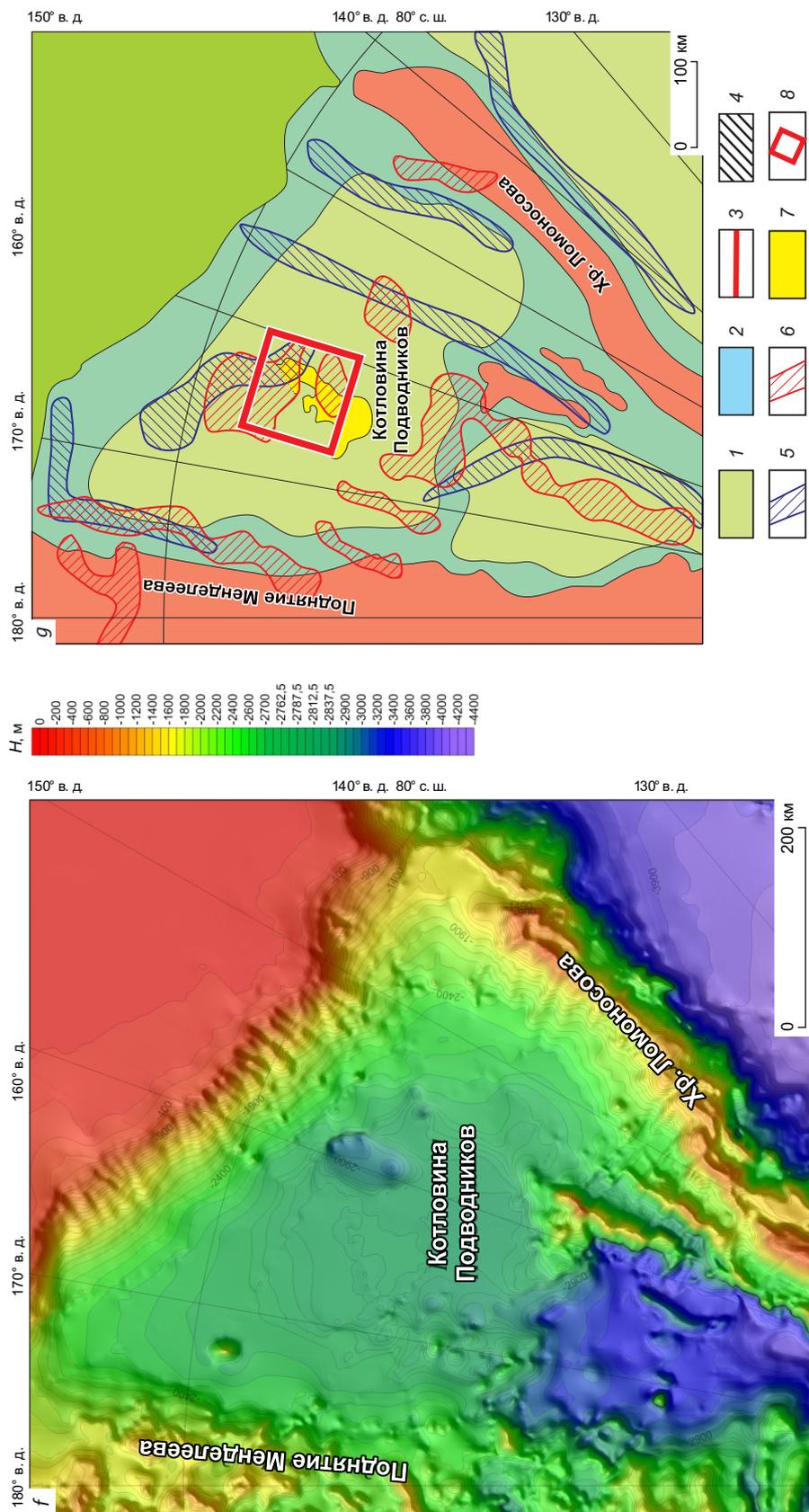


Рис. 2. Лицензионные участки (a) и динамика добычи углеводородного сырья на шельфе Арктической зоны РФ (b); сейсмо-геологический профиль через Евразийский бассейн СЛО (c); локальные антиформы в осадочном чехле (d) и технология прогноза площади, перспективной на УВС в котловине Подводников (e–g):

лицензионные участки: 1 – ОАО «НК Роснефть», 2 – ОАО «Газпром»; 3 – граница 200-мильной зоны РФ; 4 – площадь континентального шельфа РФ, перспективная на УВС за пределами 200-мильной зоны; 5 – отрицательные аномалии гравитационного поля; 6 – положительные аномалии магнитного поля; 7 – положительная морфоструктура рельефа дна; 8 – площадь, перспективная на УВС

Fig.2. (a) Licensed areas, (b) HC production dynamics on the Russian Arctic shelf, (c) seismic-geologic traverse across the Eurasian and Amerasian basins of the Arctic Ocean, (d) local antiforms within the sedimentary cover, (e–g) prediction technique of the HC-prospective area located in the Podvodnikov (Submariners') Basin:
 Licensed areas: 1 – OAO NK Rosneft, 2 – OAO Gazprom; 3 – border of the Russian 200-mile zone; 4 – the HC-prospective continental shelf area of the Russian Federation outside the 200-mile zone; 5 – negative gravity anomalies; 6 – positive magnetic anomalies; 7 – positive morphostructures of the bottom topography; 8 – HC-prospective area

ТПИ и УВС, а также поисковых участков на флангах и глубоких горизонтах разрабатываемых и планируемых к освоению месторождений ТПИ.

6. Оценка ожидаемой экономической рентабельности и сроков функционирования МСЦ с учётом неизбежных рисков (например, неподтверждение прогнозных запасов и ресурсов ТПИ и УВС) и дифференцированный расчёт долей затрат частных компаний и государства на геологоразведочные работы, разработку месторождений и обустройство инфраструктуры, включая строительство дорог, путепроводов и обеспечение перевозок по Северному морскому пути.

Опираясь на перечисленные выше критерии и исключая ведомственную разобщённость известных предложений [1–4, 9] организации МСЦ по видовому признаку полезных ископаемых (либо ТПИ, либо УВС), предлагаем к обсуждению *проект создания в АЗРФ минерально-сырьевых кластеров (МСК)*, в которых пространственно сопряжены месторождения ТПИ и УВС, локализованные на континентальной окраине и на шельфе. Кластерный принцип организации подобных масштабных проектов позволит системно скоординировать три ключевых взаимосвязанных уровня «кластерной пирамиды»: первый – лидирующие структурообразующие элементы, в данном случае, уже существующие или планируемые крупные и особо крупные месторождения высоколиквидного сырья с соответствующими предприятиями по добыче и переработке ТПИ и УВС; второй уровень – сеть средних и мелких месторождений, в том числе малорентабельного стратегического редкометалльного сырья [5], а также перспективные площади для выявления новых объектов ТПИ и УВС и, наконец, третий уровень – человеческие ресурсы, инфраструктура, технологии, бизнес-климат и реализация конечной продукции. Такие кластеры, обладая внутренним балансом самоорганизации, когда на вызовы или кризис одного из уровней незамедлительно реагируют остальные, позволяют поддерживать и сохранять пропорциональность всего кластера в целом, обеспечивая тем самым

его экономическую эффективность и конкурентоспособность.

В АЗРФ предлагается организовать четыре минерально-сырьевых кластера: Мурманско-Баренцевоморский, Ямало-Норильский, Ленско-Лаптевоморский и Северо-Восточно-Чукотский (см. рис. 1, с). Создание предлагаемых МСЦ позволит:

1. Обеспечить на условиях частно-государственного партнёрства сбалансированное освоение и развитие более 40 % территории АЗРФ с различным географическим положением, климатом и геологической изученностью, и, как следствие, с максимальным конечным суммарным социально-экономическим эффектом.

2. Вовлечь в совместное освоение наряду с крупными и особо крупными месторождениями средние, мелкие и забалансовые объекты, нерентабельные сегодня в условиях Крайнего Севера.

3. Активизировать геологоразведочные работы различных стадий на труднодоступных и перекрытых территориях.

4. Сформулировать вызовы в области научных, технологических, инженерно-технических и других направлений, нацеленные на снижение сроков и затрат на поиски, добычу и переработку полезных ископаемых, а также повышение качества и стоимости конечной продукции.

Ниже кратко рассмотрим специфику и приоритеты ресурсной базы ТПИ и УВС в планируемых минерально-сырьевых кластерах АЗРФ:

Мурманско-Баренцевоморский кластер.

На окраине континента месторождения-лидеры ТПИ сосредоточены в Мурманской и Архангельской областях: Ловозёрское месторождение (ZrO_2 – 17 % запасов и 100 % запасов добычи по РФ; РЗМ – 15,6 % запасов и 100 % добычи по РФ; TiO_2 – ежегодная попутная добыча более 400 тыс. т); апатитовые руды – 67 % запасов по РФ и 100 % по АЗРФ; нефелиновые руды – 80 % и стронций – 99,7 % запасов по РФ. Медно-никелевые месторождения Имандра-Варзугской металлогенической зоны (12,9 % запасов и более 12 % добычи ни-



келя по России). Ковдорское и Оленегорское месторождения (железные руды – 99,7 % запасов по АЗРФ). Коренные месторождения алмазов (Трубка им. Карпинского 2, Трубка Архангельская, Трубка им. Гриба и др.) – 20,4 % от суммарных запасов и 21,2 % от добычи по РФ на начало 2019 г.

На острове Новая Земля – свинцово-цинковое месторождение Павловское (52 % запасов по АЗРФ).

На шельфе Баренцева моря разведываются пять месторождений нефти, два месторождения свободного газа и девять месторождений конденсата (см. рис. 2, а).

Ямало-Норильский кластер. На окраине континента безусловным лидером среди ТПИ являются медно-никелевые месторождения (Октябрьское, Талнахское и др.) – запасы никеля более 70 %, меди около 40 % по РФ, с попутной добычей платиноидов (99,7 % от добычи по АЗРФ и 95,8 % добычи по РФ), серебра (месторождение Октябрьское – 55,2 % от добычи по АЗРФ) и кобальта (более 50 % запасов и более 80 % добычи по РФ). Наряду с этим в многочисленных рудных месторождениях сосредоточено 35,7 % запасов золота и 29 % запасов хрома по АЗРФ.

На окраине континента расположены три уникальных нефтяных месторождения (Русское, Восточно-Мессояхское и Новопортовское) и 21 крупное месторождение с 65 % запасов и 50 % добычи нефти в целом по АЗРФ. Добыча конденсата – 97 % от добычи по АЗРФ и 69 % по РФ.

На шельфе Карского моря разведывается крупное нефтегазовое месторождение Победа; разрабатываются три крупных и разведываются ещё 11 газовых месторождений с запасами свободного газа 75 % и добычей 96 % в целом по АЗРФ (см. рис. 2, а). Открыты газовое (Нярмейское) и газоконденсатное (им. Динкова) месторождения; на четырёх месторождениях запасы конденсата более 50 млн т.

Ленско-Лаптевоморский кластер. На окраине континента ключевыми лидерами среди ТПИ являются алмазы, редкоземельные металлы, скандий, а также сурьма (27 % по

АЗРФ) и золото (17 % по АЗРФ). Здесь официально зарегистрировано 22 россыпных месторождения алмазов в Анабарском и Приленском районах и одно коренное Верхне-Мунское в Муно-Тюнганском районе, в которых сосредоточено 6,2 % запасов и добывается 16,4 % (в 2019 г.) алмазов по РФ. Планируются также к освоению залежи импактных алмазов в Таймырском Долгано-Ненецком районе (Попигайский метеоритный кратер) с крупными (миллионы карат) запасами сверхабразивного алмаз-лонсдейлитового сырья. Уникальное по запасам Томторское редкометалльное месторождение (Оленёкский улус в 400 км от побережья моря Лаптевых) с аномально высокими концентрациями (вес. %) редких и редкоземельных металлов, в настоящее время разведано только на одном участке (Буранный, более 30 млн т); начало добычи планируется в 2027 г. с перспективой увеличения запасов более чем в три раза.

На шельфе моря Лаптевых в настоящее время Государственным балансом запасов учтено одно крупное разведываемое месторождение нефти (Центрально-Ольгинское) с запасами категории C_1 и C_2 – 53,4 млн т (см. рис. 2, а).

Северо-Восточно-Чукотский кластер. На окраине континента явным лидером среди ТПИ являются золоторудные месторождения; более 400 объектов учтены Государственным балансом запасов с 50 %-ной долей запасов золота по АЗРФ; запасы серебра – 20 % по АЗРФ. Наиболее крупные разрабатываемые месторождения – Майское и Купол, разведываемые – Кекура и Песчанка. Медно-порфировое месторождение Песчанка является также особо крупным по запасам меди (16 % запасов по АЗРФ) и молибдена (70 % запасов по АЗРФ). В 16 коренных месторождениях олова (наиболее крупные по запасам – касситерит-кварцевые Крутой штокверк и Первоначальный штокверк) запасы олова составляют 32 % от запасов по РФ.

На шельфе Восточно-Сибирского и Чукотского морей бурение не проводилось; продолжаются прогнозно-поисковые работы (см. рис. 2, а).

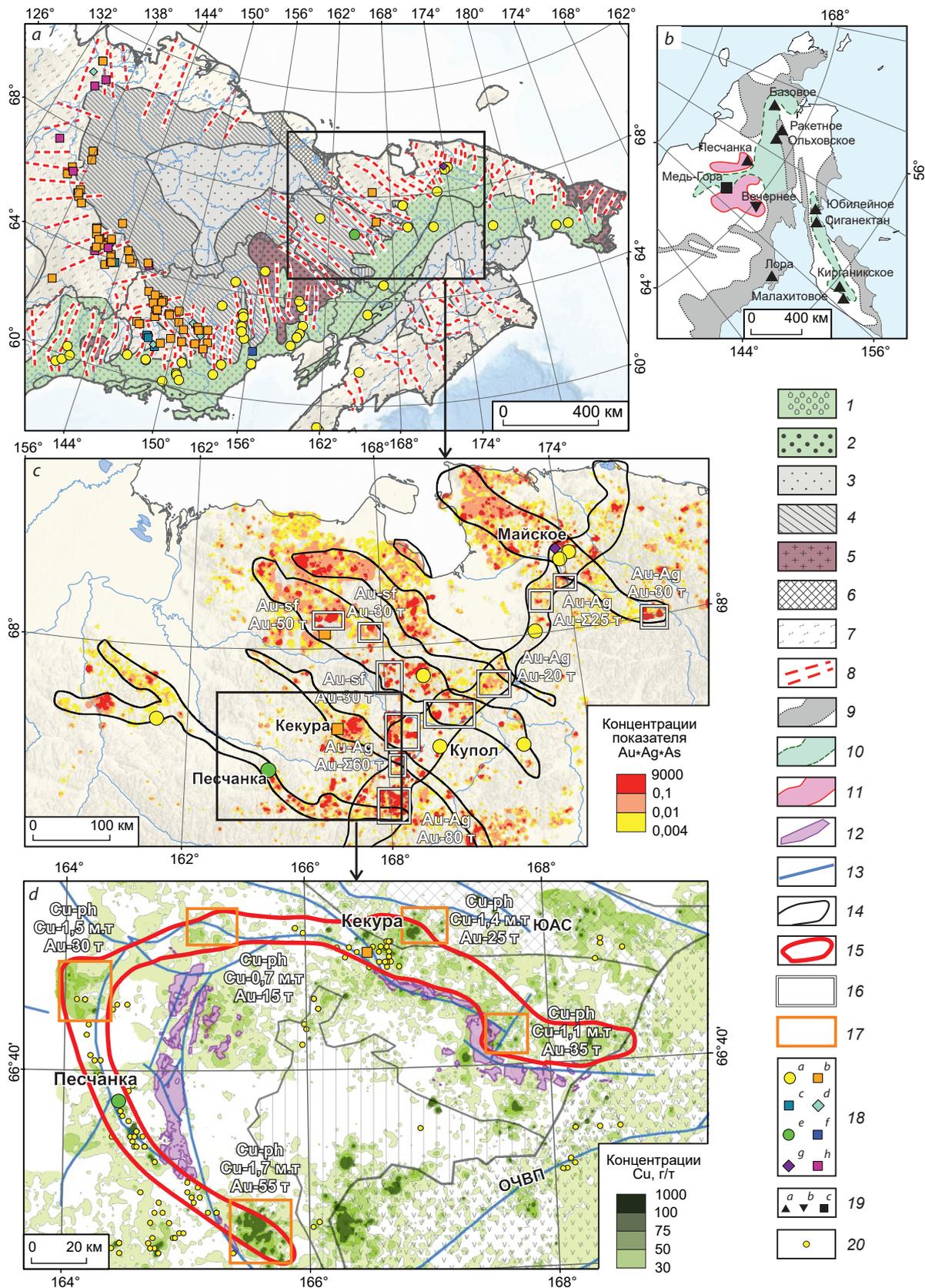




Рис. 3. Размещение золоторудных и меднопорфировых месторождений в металлогенических поясах, зонах тектоно-магматической активизации (а) и в вулcano-плутонических поясах Северо-Востока РФ (б) (по А. В. Волкову, 2015 и И. Ф. Мигачёву и др., 2016); прогнозно-геохимические карты перспективных зон и участков на золоторудное (с) и медно-порфировое (д) оруденение:

1–7 – структурно-тектонические блоки: 1, 2 – Охотско-Чукотский вулканический пояс (1) и его магматогенные поднятия (2), 3 – палеозойско-мезозойские терригенные отложения, 4 – террейны с континентальной корой, 5 – выступы AR-PR фундамента, 6 – Южно-Анжуйская сутура, 7 – складчатые системы; 8 – зоны тектоно-магматической активизации; вулcano-плутонические пояса: 9 – перспективные на медно-порфировое оруденение, 10 – потенциально перспективные, 11 – с неясными перспективами и неперспективные; 12 – офиолитовые комплексы; 13 – глубинные разломы; 14 – перспективные золоторудные зоны по геохимическим данным; 15 – перспективная зона на медно-порфировое оруденение по геохимическим данным; 16 – перспективные участки с прогнозными ресурсами на золото-сульфидное и золото-серебряное оруденение; 17 – перспективные участки с прогнозными ресурсами на медно-порфировое оруденение; 18 – золоторудные месторождения различных типов: а – серебряно-золотого адуляр-кварцевого, б – золото-малосульфидного, с – золото-черносланцевого, д – золото-кварцевого, е – медно-золото-молибден-порфирового, ф – золото-полиметаллического, г – золото-сурьма-мышьякового, h – золото-сурьма-березитового; 19 – месторождения и наиболее крупные проявления: а – медно-порфировые и молибден-меднопорфировые, б – молибден-порфировые, с – медно-скарновые (скарновые меднопорфировые); 20 – проявления золота и меди

Fig. 3. Location of bedrock Au and porphyry Cu deposits: (a) in the metallogenic belts, zones of tectonic-magmatic activation, and (b) in volcano-plutonic belts of the Russian North-East (A. V. Volkov, 2015; I. F. Migachev et al., 2016); prognostic geochemical maps with (c) prospective zones and areas for bedrock Au deposits and (d) for porphyry Cu deposits:

1–7 – Major tectonic units: Okhotsk-Chukotka volcanic belt (1) and its magmatogenic uplifts (2), 3 – Paleozoic-Mesozoic terrigenous sequences, 4 – terranes with continental crust, 5 – AR-PR basement ledges, 6 – South Anyui suture, 7 – folded systems; 8 – zones of tectonic-magmatic activation; volcanic-plutonic belts: 9 – prospective for Cu-porphyrines, 10 – potentially prospective, 11 – of indefinite prospects or unpromising; 12 – ophiolite complexes; 13 – deep faults; 14 – geochemically prospective gold ore zones; 15 – geochemically prospective zone for porphyry Cu mineralization; 16 – prospective areas with predicted reserves for Au-sulfide and Au-Ag; 17 – prospective areas with predicted reserves for porphyry Cu; 18 – bedrock Au deposits of various styles: a – silver-gold adularia-quartz, b – low sulfide gold, c – black shale-hosted, d – gold-quartz; e – Cu-Au-Mo porphyries, f – gold-polymetallic, g – gold-antimony-arsenic, h – gold-antimony beresite; 19 – deposits and major occurrences: a – Cu- and Mo-porphyrines, b – Mo-porphyrines, c – Cu skarn (Cu-porphyry skarn); 20 – Au and Cu mineral occurrences

Обоснование прогнозных площадей, перспективных на золоторудное и меднопорфировое оруденение в Северо-Восточно-Чукотском кластере АЗРФ.

Площади, перспективные на золотое оруденение, здесь, как известно, характеризуются широким развитием месторождений золото-серебряного адуляр-кварцевого и золото-малосульфидно-кварцевого рудноформационных типов; в меньшей степени распространены золото-черносланцевые, золото-кварцевые и зо-

лото-сурьмяные. Пространственный анализ расположения золоторудных месторождений показывает их приуроченность к границам структурно-тектонических блоков, а также меловому Охотско-Чукотскому вулканическому поясу (ОЧВП). Триас-юрская тектоно-магматическая активизация (ТМА) западной части складчатой периферии Омолонского массива обусловила формирование глубинных разломов и зон проницаемости, вдоль которых локализуются месторождения золото-ма-

лосульфидно-кварцевого типа триас-юрского возраста. Меловая ТМА в юго-восточной части территории, связанная с процессом формирования ОЧВП, сопровождалась образованием глубинных разломов и зон проницаемости с локализацией в них месторождений золото-серебряного адуляр-кварцевого типа (K_1 – K_2). Обе зоны ТМА имеют протяжённость в сотни, а ширину – в десятки километров и трассируются цепочками меловых интрузивно-купольных структур, обособленными полями даек, участками складчатости и золоторудными месторождениями различных типов (рис. 3, *a*).

Составленная авторами на эту территорию геохимическая карта и рассчитанные (по данным факторного анализа) геохимические параметры в потоках рассеяния золото-серебряного адуляр-кварцевого и золото-малосульфидно-кварцевого типов, позволили выделить соответствующие им ассоциации элементов: для первого типа – Au, Ag, As, Cu, Zn, Pb, Mo, Sn, Bi, Hg, для второго – Au, As, Sb, W (Hg, Cu, Ag). При этом установлена минимально необходимая ассоциация элементов для оконтуривания преобладающего типа золоторудных объектов – мультипликативный показатель $Au \times Ag \times As$, проявляющий контрастный характер на территории Северо-Востока (см. рис. 3, *b*). В результате локализована региональная геохимическая зона северо-восточного простираения (протяжённостью 1500 км и шириной до 100 км), а также серия секущих её параллельных зон северо-западного простираения (протяжённостью до 500 км и шириной до 80 км), пространственно сопряжённых с зонами ТМА (см. рис. 3, *c*). В пределах выделенных аномальных геохимических зон локализованы крупные золоторудные месторождения – Купол, Майское, Кекура и др.

Используя аналогию с известными месторождениями, в пределах вышеназванных зон с помощью показателя максимальной интенсивности аномальных геохимических полей ($Au \times Ag \times As$) выделены 13 перспективных участков, рекомендуемых для проведения поисковых работ: десять участков на золото-серебряный адуляр-кварцевый рудно-форма-

ционный тип и три участка – на золото-малосульфидно-кварцевый (см. рис. 3, *b*) – со значительными прогнозными ресурсами золота (до 30–50 % от уже известных в Чукотском регионе).

Площади, перспективные на медно-порфировое оруденение, связаны с субмеридиональной системой разновозрастных вулканоплутонических поясов (ВПП), сосредоточенных на востоке АЗРФ (см. рис. 3, *b*). Одним из наиболее перспективных является Олойский ВПП, в юго-восточной части которого рудные поля локализованы вдоль Баимского глубинного субмеридионального разлома, определяющего контуры одноимённой металлогенической зоны ((80 × 6)–18 км) и размещение золотосодержащих медно-порфировых, молибден-медно-порфировых и золото-серебряных эпитеpmальных месторождений и проявлений. Локализованное в этой зоне Au-Mo-Cu-порфировое месторождение Песчанка (утверждённые запасы Cu – 6,68 млн т, Mo – 177,35 тыс. т, Au – 378,11 т и Ag – 3497 т) контролируется размещением мезозойских интрузивов многофазного Эгдэгкычского плутона. Его главная (первая) фаза представлена пироксенитами, габбро (в том числе субщелочными) и габбро-диоритами; вторая порфировая фаза – кварцевые монцонит-порфиры; третья, завершающая, – сиениты, субщелочные граниты и граносиениты. Рудные тела контролируются зоной Песчанковского разлома и положением тел кварцевых монцонит-порфиров. Гомодромность формирования описываемого плутона указывает на решающую роль базит-гипербазитов первой главной фазы в качестве источника ресурса Cu и Fe, а последующих фаз – ресурса Mo, Au и Ag и соответствующих условий формирования Au-Mo-Cu-порфировой рудно-магматической системы (РМС). Пространственная близость Эгдэгкычского и подобного ему плутонов к Алучинскому базит-гипербазитовому массиву, а также к Громадненско-Вургумеевскому [8] и другим нижне-среднеюрским массивам офиолитовой ассоциации (U-Pb возраст цирконов из гипербазитов – 180–162 млн лет, по С. А. Сергееву и др., ВСЕГЕИ, 2015 г.), позволяет рассматри-



вать последние также в качестве возможно-го источника ресурса Cu при формировании (в соответствующих условиях) медно-порфи-ровых РМС на данной территории.

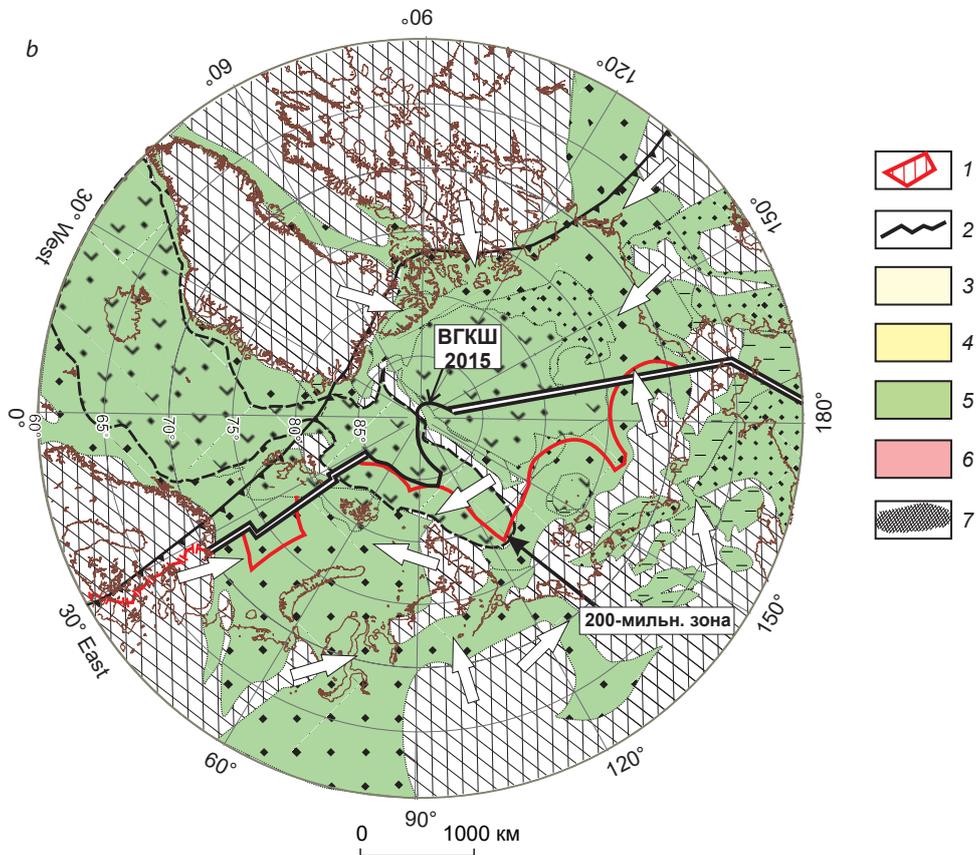
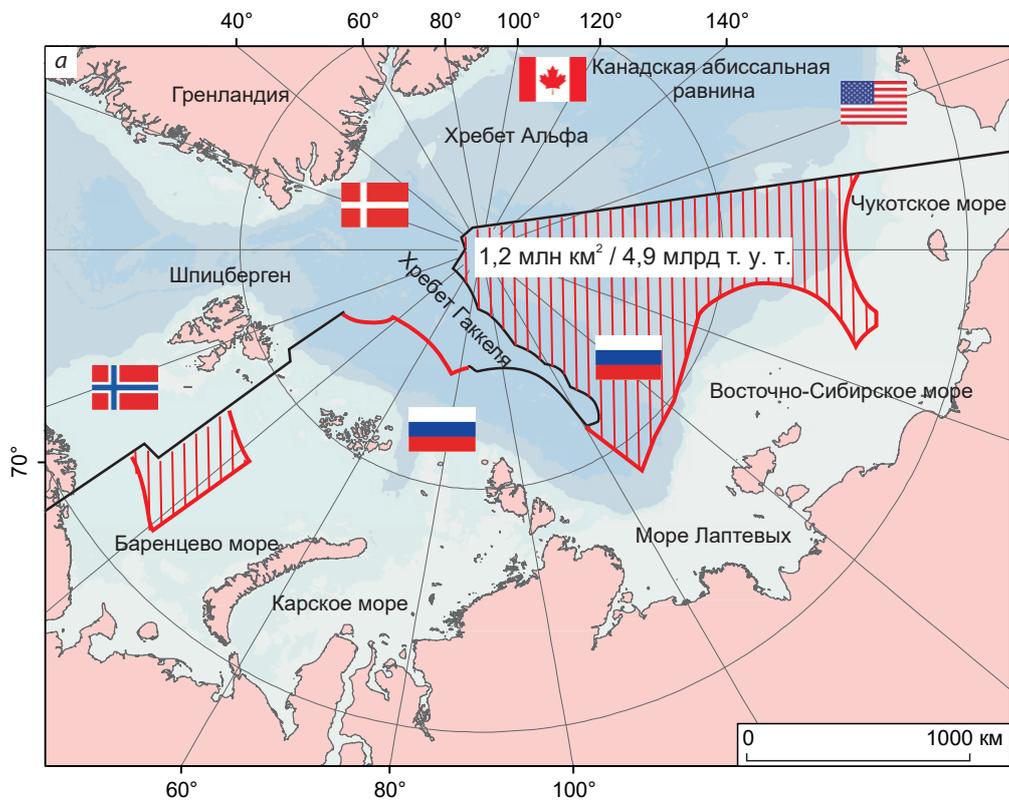
Выполненное авторами геолого-геохими-ческое районирование Баимской металлоген-ической зоны и сопряжённой с ней терри-тории к востоку (см. рис. 3, *d*) позволило ло-кализировать региональную зону повышенных содержаний Cu (до 100 г/т) шириной 20–40 км и протяжённостью до 340 км, в пределах ко-торой фиксируется серия аномальных геохи-мических полей с содержанием Cu до 1000 г/т (см. рис. 3, *d*). В пределах этой зоны выделены четыре участка, перспективных на медно-пор-фиговое оруденение (см. рис. 3, *d*), аналогичных по условиям формирования месторождению Песчанка, со значительными прогнозными ре-сурсами меди и золота.

Прогноз и локализация площадей неф-тегазоносности за пределами 200-мильной зоны шельфа Ленско-Лаптевоморского и Се-веро-Восточно-Чукотского кластеров (см. рис. 2, *c*) рассматривается на примере глубо-ководной котловины Подводников в Амера-зийском бассейне Северного Ледовитого океа-на (СЛО). Пространственно эта котловина вход-ит в состав площади расширения границы континентального шельфа России, распола-гаясь между хребтом Ломоносова и подняти-ем Менделеева (см. рис. 2, *c*); глубина СЛО здесь достигает 2700–2800 км, мощность оса-дочного чехла – до 6000 м. По данным сей-смопрофилирования, под осадочным чехлом котловины фиксируется ось рифтогенного рас-тяжения, а в строении чехла – протяжённые, нередко с угловыми несогласиями, слоистые толщи, в том числе, и что особенно важно, с крупными локальными сводовыми структу-рами (см. рис. 2, *d*). Последние фиксируются в рельефе дна локальными батиметрическими поднятиями и, как известно, могут служить «ловушками» для глубинных абиогенных по-токов углеводородов. На батиметрической кар-те котловины Подводников в южной её части, параллельной хребту Ломоносова, отчётливо фиксируется веерообразная серия узких ло-кальных поднятий и прогибов (см. рис. 2, *f*),

прослеживающихся в соседнюю депрессию, косвенно указывая на имевшее место растя-жение дна котловины между хребтом Ломо-носова и поднятием Менделеева. Более отчёт-ливо этот «веер растяжения» проявлен чере-дованием узких линейных гравиминимумов и гравимаксимумов, параллельных хребту Ло-моносова в поле неоднородностей гравита-ционного поля. На карте магнитного поля в пределах «веера растяжения» с одной из его зон (между 160° и 170° в. д.) ясно коррелиру-ется линейная серия локальных магнитных максимумов, свидетельствуя о высокой сте-пени вероятности проявления здесь мантий-ного магматизма. При этом особое внимание заслуживает изолированный локальный маг-нитный максимум в центре котловины Под-водников (пересечение 160° и 170° в. д и 130° и 140° с. ш.). Последний имеет близкие пара-метры с таковыми в районе поднятия Альфа и к северу от Чукотского плато и интерпрети-руется как центры мантийного магматизма на дне СЛО, обеспечивающие массовые из-лияния базальтовых потоков в ходе внутри-плитного мезозойского рифтинга и сопровож-даемые притоками глубинных абиогенных углеводородов. Способ локализации геохими-ческих аномалий УВ в рыхлых отложениях дна котловины показан на рис. 2, *e*.

На основании вышеизложенного предло-жен комплекс прогнозных критериев прог-ноза и локализации нефтегазовых залежей в осадочном чехле котловины Подводников: сочетание линейных зон гравиминимумов и повышенных значений магнитного поля, фик-сирующих зоны растяжения дна с синхронным мантийным магматизмом; области локальных батиметрических поднятий как признаки над-сводовых структур в осадочном чехле. Рис. 2, *g* иллюстрирует пример прогноза нефтегазовых залежей в осадочном чехле котловины Под-водников с ранжированием их потенциальной перспективности.

Суммарные прогнозныe ресурсы УВС в Америкoм бассейне СЛО (за пределами 200-мильной зоны шельфа) оцениваются в 4,9 млрд т усл. топлива (рис. 4, *a*). Однако апро-бация подобных прогнозов и тем более



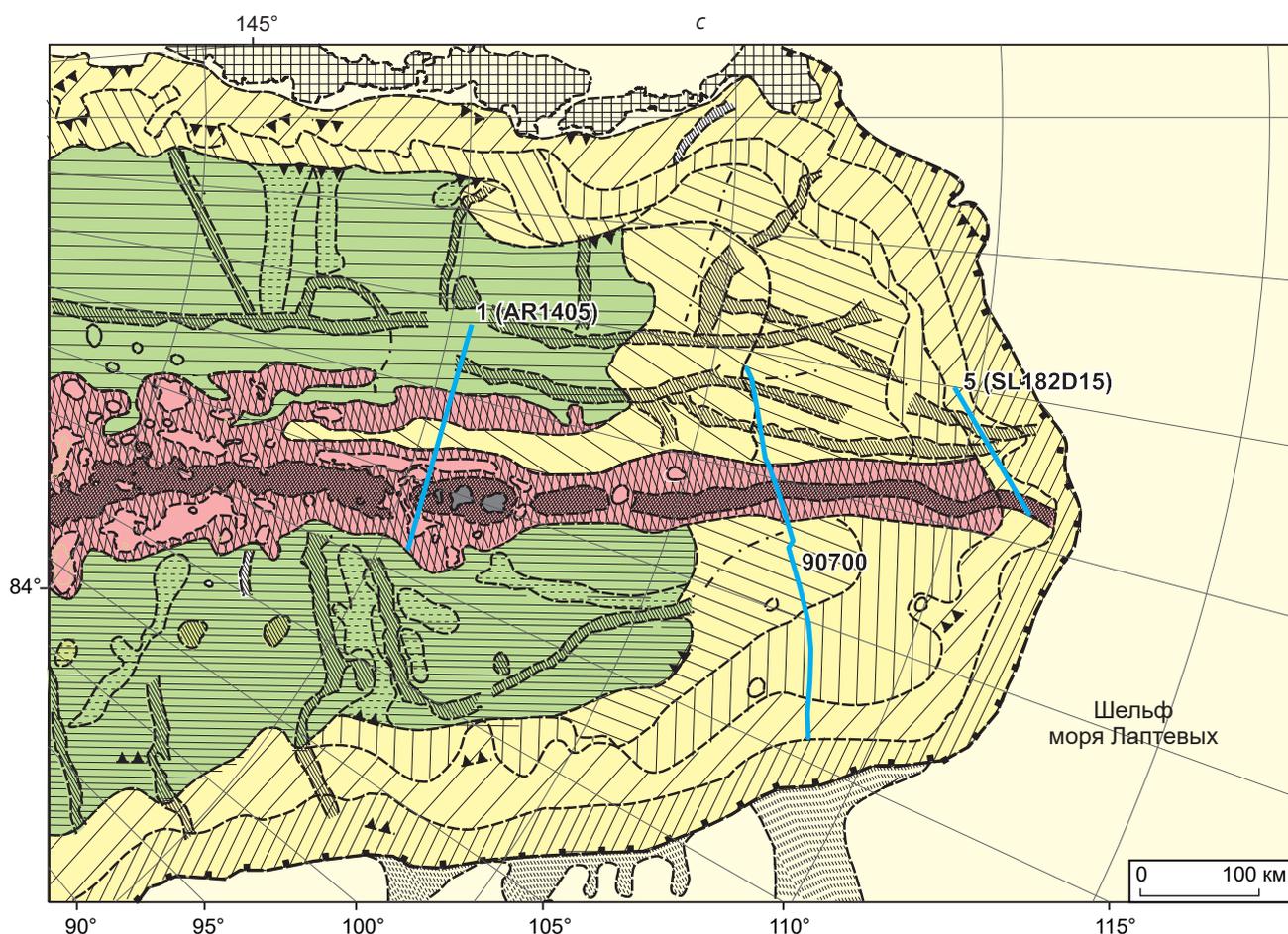


Рис. 4. Внешняя граница расширения континентального шельфа РФ и прогнозная площадь на углеводороды за 200-мильной зоной в акватории Амеразийского бассейна (а), непрерывность распространения мезозойского вулканогенно-терригенного плитного чехла в Амеразийском бассейне (b), схема морфоструктурного районирования Евразийского бассейна (с) в Северном Ледовитом океане:

1 – площадь континентального шельфа РФ за пределами 200-мильной зоны; 2 – внешняя граница континентального шельфа по Заявке РФ в Комиссию ООН, 2015 г.; главные морфоструктурные элементы: 3 – континентальный шельф, 4 – склоны бассейнов, 5 – относительно выровненное дно котловин Нансена и Амундсена, 6 – хребет Гаккеля, 7 – рифтовая долина

Fig. 4. (a) The outer expansion limit of the continental shelf of the Russian Federation and predicted HC-prospective area located beyond the 200-mile zone in the Amerasian Basin, (b) the continuity of the distribution of the Mesozoic volcanogenic-terrigenous plate cover in the Amerasian Basin, and (c) a morphostructural zoning scheme of the Eurasian Basin in the Arctic Ocean:

1 – the area of the continental shelf of the Russian Federation outside the 200-mile zone; 2 – the outer limit of the continental shelf according to the Application of the Russian Federation to the UN Commission, 2015; key morphostructural elements: 3 – continental shelf, 4 – basin slopes, 5 – relatively leveled bottom of the Nansen and Amundsen basins, 6 – the Gakkel Ridge, 7 – a rift valley

освоение ресурсного потенциала УВС за пределами 200-мильной зоны шельфа России возможны при двух условиях: обосновании непрерывности продолжения континентального шельфа в глубоководную часть Амеразийского и Евразийских бассейнов СЛО (Заявки РФ в Комиссию ООН в 2001 и 2015 гг.) и принятия этой Комиссией новой границы континентального шельфа Российской Арктики (см. рис. 4, а). Работы в этом направлении под руководством Роснедра Минприроды РФ проводятся коллективами ФГБУ «ВНИИОкеангеология», ВСЕГЕИ и ИМГРЭ, ООО «МОР-ГЕОНАЦ», МГУ и другими организациями. При этом одна из ключевых задач – доказательство континентальной природы дна глубоководных поднятий и котловин Амеразийского и Евразийского бассейнов с непрерывностью их перехода в структуры мелководного шельфа и прибрежной суши Лаптевоморско-Восточно-Сибирской континентальной окраины. Ранее выполненная нами [6] реконструкция эволюции фациальных условий формирования и распространения терригенных и вулканогенных образований плитного чехла Циркумполярной Арктики в триасе, юре и мелу позволяет заключить, что отличительной особенностью мелового периода является установление практически на всей площади Амеразийского бассейна мелководно-морского режима осадконакопления (см. рис. 4, б), сопровождаемого на границе нижнего и верхнего мела площадным проявлением траппового вулканизма HALIP (Большая Магматическая провинция Высокой Арктики). Повсеместный и непрерывный характер развития меловых вулканогенно-терригенных образований в системе: прибрежная суша – шельф – архипелаги островов – глубоководные котловины и поднятия СЛО – позволяет рассматривать меловой плитный чехол в пределах российского сектора Арктики в качестве одного из ключевых критериев обоснования Заявки РФ 2001 г. по расширению внешней границы континентального шельфа Амеразийского бассейна за пределами 200-мильной зоны.

Для усиления позиции России в плане доказательств континентальной, а не океанической природы дна Евразийского бассейна

и хребта Гаккеля (Заявка РФ, 2015 г.), выполненные авторами [7] геолого-морфоструктурные исследования этих структур, позволили обосновать следующие положения:

1. Формирование позднемезозойских морских терригенных толщ в Евразийском бассейне (мощностью до 1–7 км меловых отложений в котловине бассейна Амундсена) обусловлено субширотным растяжением (рассеянным спрединг) утонённого континентального фундамента и синхронно с формированием Баренцево-Карского и Амеразийского мезозойских бассейнов СЛО.

2. Геохимическая реконструкция геодинамических обстановок формирования кайнозойских базальтов хребта Гаккеля свидетельствует о несоответствии их составам базальтов N-MORB океанических хребтов Центральной и Северной Атлантики. Составы базальтов Западного и Восточного сегментов хребта Гаккеля близки к составам базальтов океанических плато и океанических островов, формирование которых связано с плавлением верхней деплетированной мантии и обогащённого глубинного источника близкого по составу к OIB (обстановка переходного типа «океан-континент»). Состав базальтов южного сегмента хребта Гаккеля близок к составу внутриплитных базальтов с существенным вкладом обогащённых источников и материала континентальной коры.

3. Морфоструктурный анализ рельефа дна южной части Евразийского бассейна и хребта Гаккеля (см. рис. 4, с), перекрытых мощным осадочным чехлом, позволил [7] обосновать пролонгацию их на шельф моря Лаптевых, фиксируемую следующими признаками:

- непрерывностью южных склонов бассейна с уменьшением крутизны их наклона от края к центру ((3–6)–(0,1–0,5°)) и увеличением их ширины от 50 км (в западной и восточной частях) до 250 км (в южном замыкании бассейна) (см. рис. 4, с);
- унаследованностью поверхности акустического фундамента рельефом дна хребта Гаккеля и рифтовой долины (рис. 5, а–d);
- прослеживанием хребта Гаккеля в область сопряжения его с шельфом моря Лаптевых; фиксируется увеличением (в три раза)

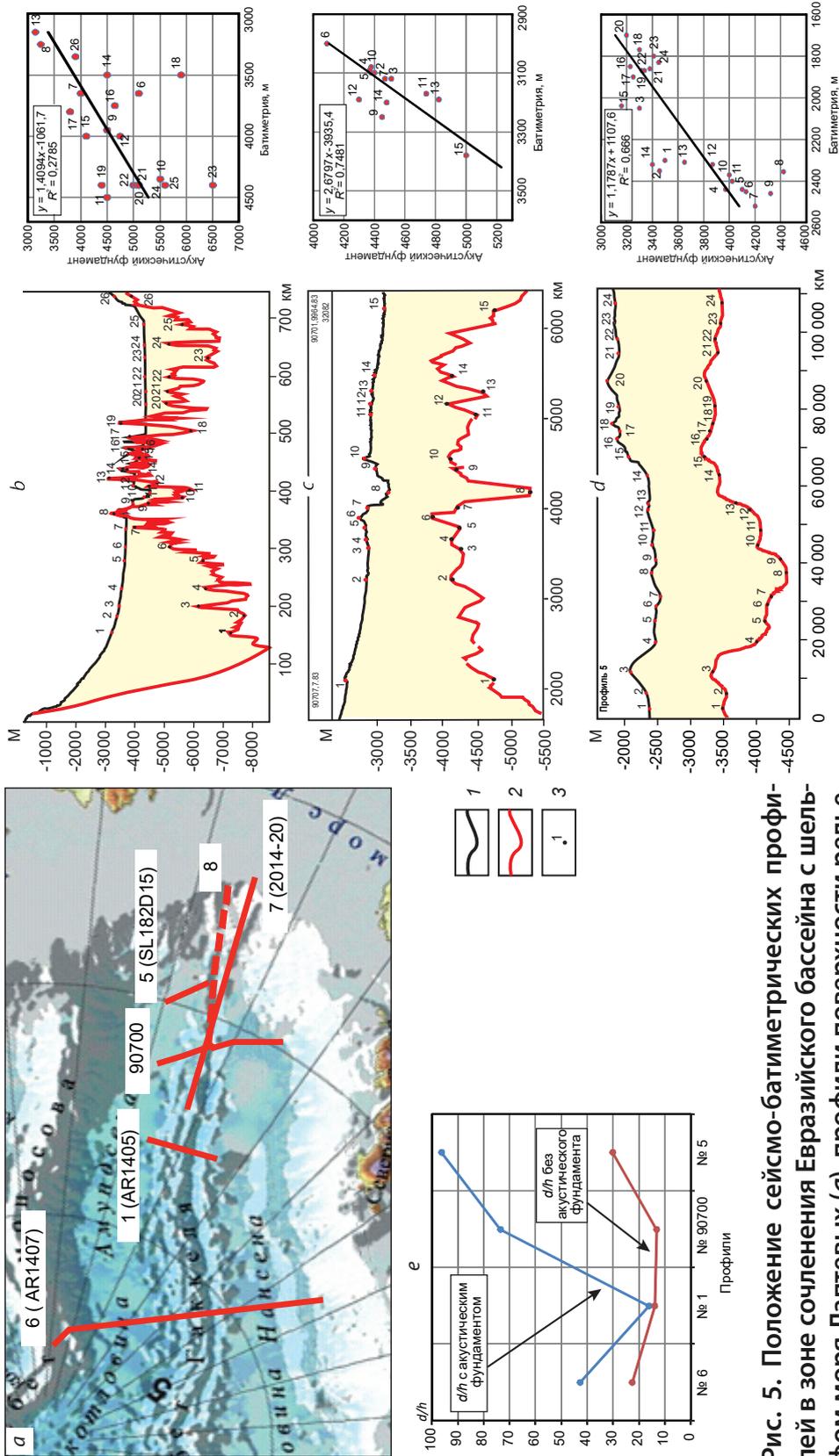


Рис. 5. Положение сейсмо-батиметрических профилей в зоне сочленения Евразийского бассейна с шельфом моря Лаптевых (а), профили поверхности рельефа и акустического фундамента хребта Гаккеля и графики корреляции их опорных точек (b–d); график изменения анизотропии d/h при переходе её в область перекрытую осадочным чехлом (e)

I – поверхность рельефа дна; 2 – поверхность акустического фундамента; 3 – опорные точки

Fig. 5. (a) Position of seismic-bathymetric traverses within the Eurasian Basin – Laptev Sea shelf junction, (b–d) topography of the surface and acoustic basement of the Gakkel Ridge and correlation plots of their reference points; (e) graph of the anisotropy variations (length vs. width) of the Gakkel Ridge rift valley within the zone of its transition into the sediments-covered area:

I – sea bottom topography; 2 – acoustic basement surface; 3 – reference points



ширины рифтовой долины, уменьшением (в пять раз) её глубины и, соответственно, ростом анизотропии этих размеров (см. рис. 5, *e*).

4. Установлена идентичность основных морфоструктур Евразийского бассейна и хребта Гаккеля (рис. 6, *a*, *b*) таковым типовой этапной структуры подводного хребта, локализованного на внешнем крае подводной окраины материка (см. рис. 6, *c*).

Таким образом, формирование поздне-мезозойско-кайнозойского осадочного чехла Евразийского бассейна и кайнозойских базальтов хребта Гаккеля на изначально сильно утонённом (до 10–15 км) континентальном фундаменте, непрерывность перехода рифтовой долины хребта Гаккеля на шельф и материковую окраину Сибирского континента, отличие состава базальтов всех сегментов хребта Гаккеля от N-MORB базальтов океанических хребтов, а также отсутствие зон субдукции и трансформных разломов, ультра-

медленная скорость спрединга (6–13 мм/год), наличие протяжённых (до 300 км) амагматических сегментов и большая (до 5–7 км) мощность мелового осадочного чехла Евразийского бассейна, свидетельствуют в пользу эпиконтинентальной рифтогенной природы Евразийского бассейна и хребта Гаккеля. Это, а также непрерывность всех сегментов хребта Гаккеля в системе: край континентального шельфа – подводный континентальный склон – внешний край подводной окраины материка – свидетельствует о принадлежности хребта Гаккеля, наряду с хребтом Ломоносова и поднятием Менделеева, к подводным хребтам Арктического бассейна и может служить одним из дополнительных критериев при обосновании права России на расширение внешней границы континентального шельфа в Американском и Евразийском бассейнах СЛО и способствовать увеличению ресурсного потенциала УВС в глубоководной части АЗРФ.

Список литературы

1. Белов С. В., Скрипниченко В. А. Особенности пространственного развития производственных комплексов минерально-сырьевой базы твёрдых полезных ископаемых в Российской Арктике // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2022. – № 5 (119), Ч. 4. – С. 136–141.
2. Григорьев М. Н., Светлова Ж., Соколова Е. Д. Локализация минерально-сырьевых центров Арктической зоны Российской Федерации // *Арктические ведомости*. – 2021. – № 1 (31). – С. 44–53.
3. Земнухова Е. А. Развитие коммуникаций как основа формирования арктических минерально-сырьевых центров // *Экономика: вчера, сегодня, завтра*. – 2021. – Т. 11, № 4-1. – С. 7–17.
4. Иванова А. М., Смирнов А. Н., Каминский В. Д., Гопчак В. Г., Крейтер Е. Н., Пашковская Е. А., Попова Е. С. Минерагения континентальной окраины и шельфа Арктической зоны России // *70 лет в Арктике, Антарктике и Мировом океане: сборник научных трудов*. – СПб. : ВНИИОкеангеология, 2018. – С. 342–350.
5. Кременецкий А. А., Архипова Н. А. Вклад редких металлов в повышение инвестиционной привлекательности центров экономического развития России // *Разведка и охрана недр*. – 2011. – № 6. – С. 3–9.
6. Кременецкий А. А., Веремеева Л. И. Мезозойский плитный чехол Циркумполярной Арктики: строение, состав, условия формирования, непрерывность // *Разведка и охрана недр*. – 2021. – № 10. – С. 20–32.
7. Кременецкий А. А., Глузов И. Ф., Ветрин В. Р., Пилицын А. Г., Полякова Т. Н. Эпиконтинентальная природа Евразийского бассейна и хребта Гаккеля в Арктическом бассейне: геолого-геохимические и морфоструктурные особенности // *Разведка и охрана недр*. – 2022. – № 11. – С. 8–21.
8. Кременецкий А. А., Спиридонов И. Г., Граменицкая П. Н. Офиолиты Восточной Арктики: геотектонические парадигмы и геохимическая реконструкция геодинамических обстановок // *Разведка и охрана недр*. – 2021. – № 6. – С. 14–28.



9. Липина С. А., Череповицын А. Е., Бочарова Л. К. Предпосылки формирования минерально-сырьевых центров в опорных зонах развития в Арктической зоне Российской Федерации // Арктика и Север. – 2018. – № 33. – С. 29–39.
10. Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Арктической зоны РФ на 15.03.2021 г. / ФГБУ «ВСЕГЕИ». – 2021. – 21 с.

References

1. Belov S. V., Skripnichenko V. A. Osobennosti prostranstvennogo razvitiya proizvodstvennykh kompleksov mineral'no-syr'evoi bazy tverdykh poleznykh iskopaemykh v Rossiiskoi Arktike [Features of spatial development of production complexes of the mineral resource base of solid minerals in the Russian Arctic], *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal [International Research Journal]*, 2022, V. 5 (119), No 4, pp. 136–141. (In Russ.).
2. Grigor'ev M. N., Svetlova Zh., Sokolova E. D. Lokalizatsiya mineral'no-syr'evykh tseftrov Arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii [Localization of mineral resource centers of the Arctic zone of the Russian Federation], *Arkticheskie vedomosti [Arctic Vedomosti]*, 2021, No 1 (31), pp. 44–53. (In Russ.).
3. Zemnukhova E. A. Razvitie kommunikatsii kak osnova formirovaniya arkticheskikh mineral'no-syr'evykh tseftrov [Development of communications as a basis for the formation of Arctic mineral resource centers], *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra [Economy: yesterday, today, tomorrow]*, 2021, V. 11, No 4-1, pp. 7–17. (In Russ.).
4. Ivanova A. M., Smirnov A. N., Kaminskii V. D., Gopchak V. G., Kreiter E. N., Pashkovskaya E. A., Popova E. S. Minerageniya kontinental'noi okrainy i shel'fa Arkticheskoi zony Rossii [Mineralogy of the continental margin and shelf of the Arctic zone of Russia], *70 let v Arktike, Antarktike i Mirovom okeane: sbornik nauchnykh trudov [70 years in the Arctic, Antarctica and the World Ocean: a collection of scientific papers]*, St. Petersburg, VNIIOkeangeologiya Publ., 2018, pp. 342–350.
5. Kremenetskii A. A., Arkhipova N. A. Vklad redkikh metallov v povyshenie investitsionnoi privlekatel'nosti tseftrov ekonomicheskogo razvitiya Rossii [Contribution of rare metals to increasing the investment attractiveness of the centers of economic development of Russia], *Razvedka i okhrana nedr [Prospect and protection of mineral resources]*, 2011, No 6, pp. 3–9. (In Russ.).
6. Kremenetskii A. A., Veremeeva L. I. Mezozoiskii plitnyi chekhol Tsirkumpolyarnoi Arktiki: stroenie, sostav, usloviya formirovaniya, nepreryvnost' [Mesozoic plate cover of the Circumpolar Arctic: structure, composition, conditions of formation, continuity], *Razvedka i okhrana nedr [Prospect and protection of mineral resources]*, 2021, No 10, pp. 20–32. (In Russ.).
7. Kremenetskii A. A., Glumov I. F., Vetrin V. R., Pilitsyn A. G., Polyakova T. N. Epikontinental'naya priroda Evraziiskogo basseina i khrefta Gakkelya v Arkticheskom basseine: geologo-geokhimicheskie i morfostrukturnye osobennosti [Epicontinental nature of the Eurasian basin and the Gakkel ridge in the Arctic basin: geological, geochemical and morphostructural features], *Razvedka i okhrana nedr [Prospect and protection of mineral resources]*, 2022, No 11, pp. 8–21. (In Russ.).
8. Kremenetskii A. A., Spiridonov I. G., Gramenitskaya P. N. Ofiolity Vostochnoi Arktiki: geotektonicheskie paradigmy i geokhimicheskaya rekonstruktsiya geodinamicheskikh obstanovok [Ophiolites of the Eastern Arctic: geotectonic paradigms and geochemical reconstruction of geodynamic environments], *Razvedka i okhrana nedr [Prospect and protection of mineral resources]*, 2021, No 6, pp. 14–28. (In Russ.).
9. Lipina S. A., Cherepovitsyn A. E., Bocharova L. K. Predposylki formirovaniya mineral'no-syr'evykh tseftrov v opornykh zonakh razvitiya v Arkticheskoi zony Rossiiskoi Federatsii [Prerequisites for the formation of mineral resource centers in the support zones of development in the Arctic zone of the Russian Federation], *Arktika i Sever [Arctic and the North]*, 2018, No 33, pp. 29–39. (In Russ.).
10. Sправка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы Арктической зоны РФ на 15.03.2021 г. [Information on the state and prospects for the use of the mineral resource base of the Arctic zone of the Russian Federation as of March 15, 2021], VSEGEI Publ., 2021, 21 p.



Авторы

Кременецкий Александр Александрович

доктор геолого-минералогических наук
научный руководитель
imgrenauka@mail.ru

Спиридонов Игорь Геннадьевич

кандидат геолого-минералогических наук
генеральный директор ИМГРЭ
imgre@imgre.ru

Пилицын Алексей Гаврилович

заведующий отделом
allexpil@yandex.ru

Веремеева Людмила Ивановна

кандидат геолого-минералогических наук
заместитель заведующего сектором
verli@yandex.ru

ФГБУ «Институт минералогии, геохимии
и кристаллохимии редких элементов»
г. Москва, Россия

Authors

Alexander A. Kremenetsky

D. Sc. in Geology and Mineralogy
Scientific Adviser
imgrenauka@mail.ru

Igor G. Spiridonov

PhD in Geology and Mineralogy
Director General of IMGRE
imgre@imgre.ru

Alexey G. Pilitsyn

Head of Department
allexpil@yandex.ru

Ludmila I. Veremeeva

PhD in Geology and Mineralogy
Deputy Head of Sector
verli@yandex.ru

FSBI "Institute of Mineralogy, Geochemistry
and Crystal Chemistry of Rare Elements"
Moscow, Russia