

## 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-порфирового 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-порфировое 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 км<sup>2</sup>) и континентальный шельф (площадь около 5 млн км<sup>2</sup>) с перспективой его расширения до 1,3 млн км<sup>2</sup> 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-

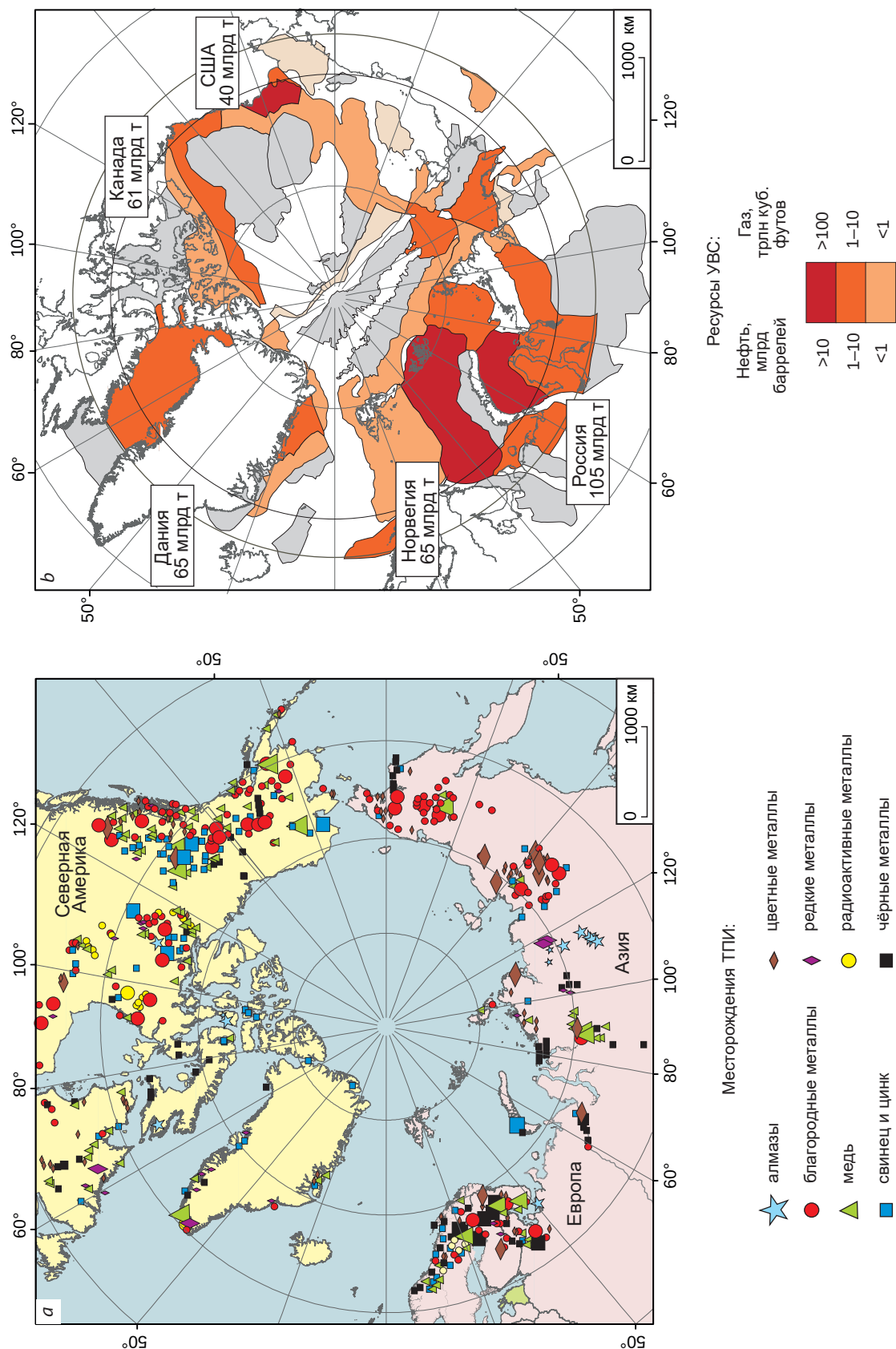
сата 56 и 40 % соответственно. На шельфе Россия занимает первое место по добыче УВС – более 50 % относительно США и Норвегии (рис. 2, б).

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.

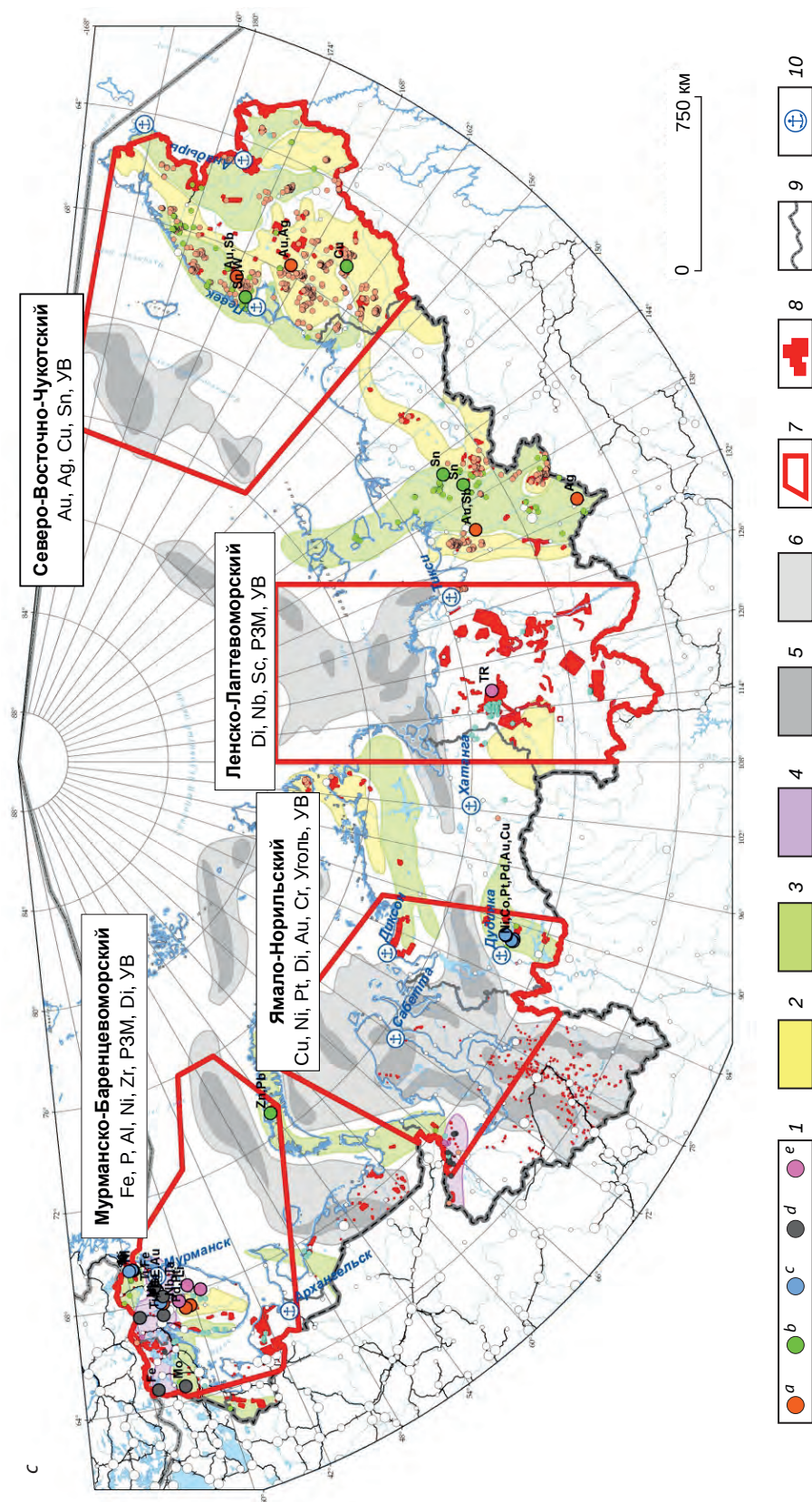
В настоящее время одним из реальных рычагов рентабельного освоения существующей минерально-сырьевой базы ТПИ и УВС на этой территории с активным пополнением ресурсов высоколиквидного, дефицитного, стратегического и энергетического сырья, является создание в АЗРФ и долговременное функционирование минерально-сырьевых 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-обогачительных комбинатов и предприятий по добыче, переработке и







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

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 <sub>1</sub> , для УВС – A+B <sub>1</sub> +C <sub>1</sub> ) | % от запасов по РФ | C <sub>2</sub> ; для УВС – B <sub>2</sub> +C <sub>2</sub> | Забалансовые запасы | Добыча за предшествующий год | % от добычи по РФ |
|------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------|
| <b>Металлические полезные ископаемые</b> |                                      |                                              |                   |                                                                           |                    |                                                           |                     |                              |                   |
| <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 <sub>2</sub> )                | 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 <sub>1</sub> , для УВС – A+B <sub>1</sub> +C <sub>1</sub> ) | % от запасов по РФ | C <sub>2</sub> ; для УВС – B <sub>2</sub> +C <sub>2</sub> | Забалансовые запасы | Добыча за предшествующий год | % от добычи по РФ |
|--------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------|
| <b>Неметаллические полезные ископаемые</b> |                                      |                                              |                     |                                                                           |                    |                                                           |                     |                              |                   |
| 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                 |
| <b>Горючие полезные ископаемые</b>         |                                      |                                              |                     |                                                                           |                    |                                                           |                     |                              |                   |
| <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 <sup>3</sup> | 37 417,49                                                                 | 76,3               | 16 898,31                                                 |                     | 607,517                      | 87,4              |
| Газы горючие (растворённый газ)            | 1                                    | 264                                          | млрд м <sup>3</sup> | 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.

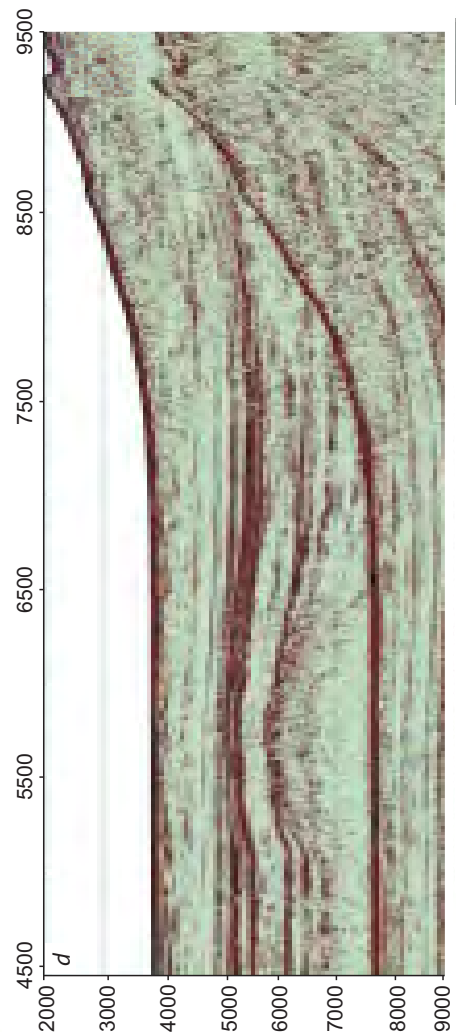
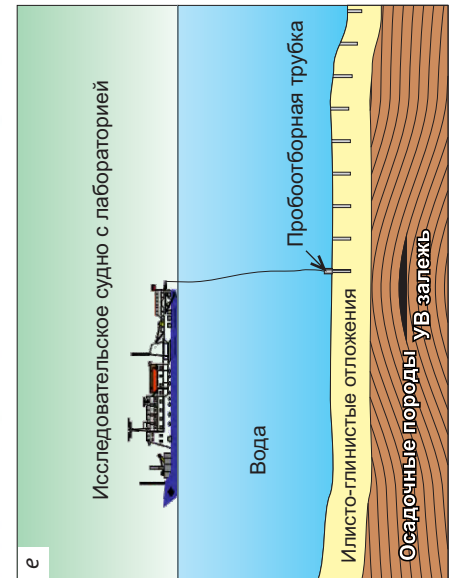
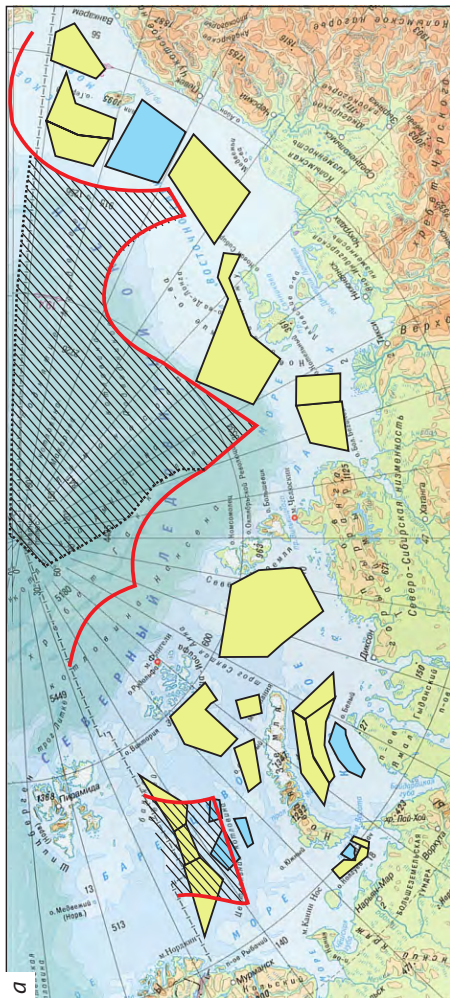
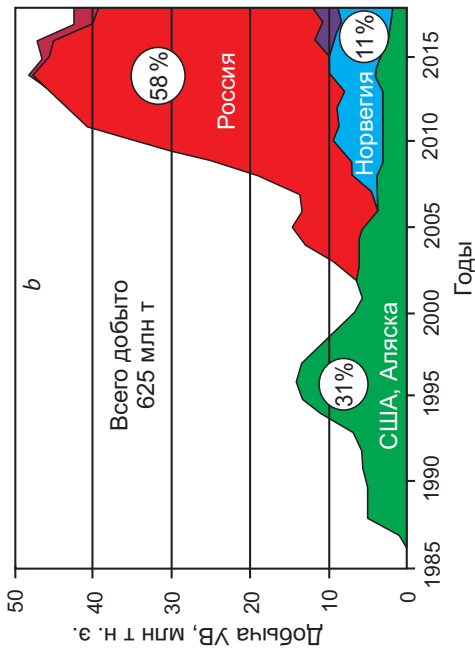
3. Выделение, в контурах планируемых МСЦ, опорных площадей, характеризующихся сопряжённым расположением действующих и проектируемых технологических центров добычи и переработки ТПИ и УВС, с

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





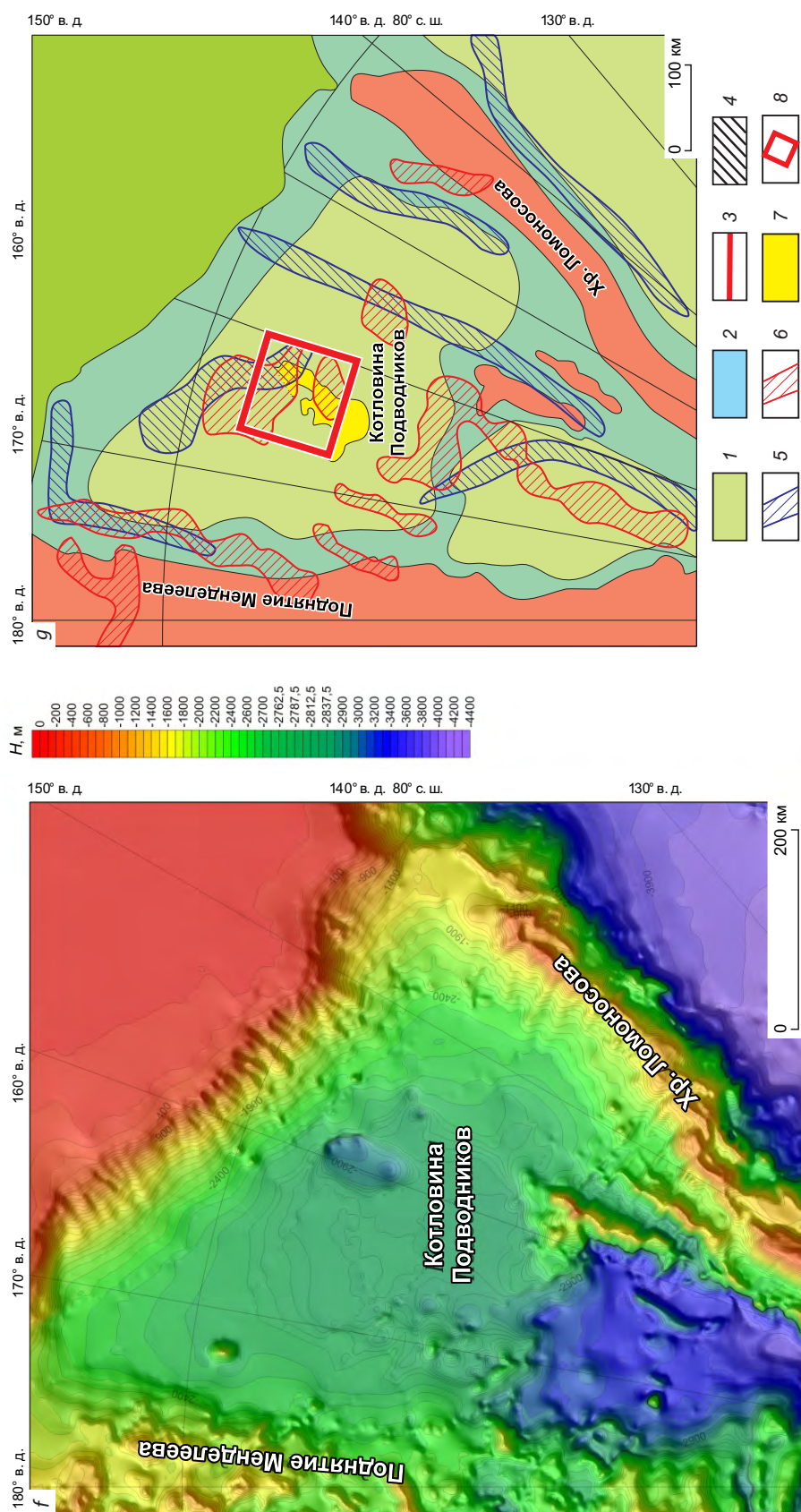


Рис. 2. Лицензионные участки (a) и динамика добычи углеводородного сырья на шельфе Арктической зоны РФ (b); сейсмо-геологический профиль через Евразийский и Амеразийский бассейны СЛО (c); локальные антиформы в осадочном чехле (d) и технология прогноза площади, перспективной на УВС в котловине Подводников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

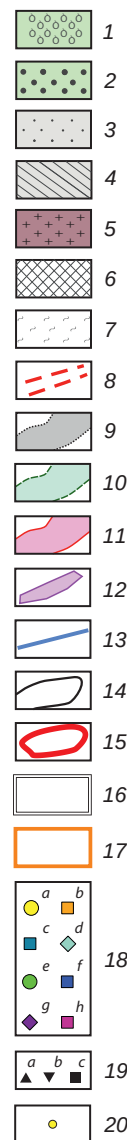
АЗРФ) и золото (17 % по АЗРФ). Здесь официально зарегистрировано 22 россыпных месторождения алмазов в Анабарском и Приленском районах и одно коренное Верхне-Мунское в Муно-Тюнганском районе, в которых сосредоточено 6,2 % запасов и добывается 16,4 % (в 2019 г.) алмазов по РФ. Планируются также к освоению 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 вулканоплутонических поясах Северо-Востока РФ (б) (по А. В. Волкову, 2015 и И. Ф. Мигачёву и др., 2016); прогностно-геохимические карты перспективных зон и участков на золоторудное (с) и меднопорфировое (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; вулканоплутонические 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, х – 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-porphyrates, 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-porphyrates, b – Mo-porphyrates, 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 Омогонского 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, а).

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, б). 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, с). 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, б) – 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, б). 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 возможного источника ресурса Си при формировании (в соответствующих условиях) медно-порфировых РМС на данной территории.

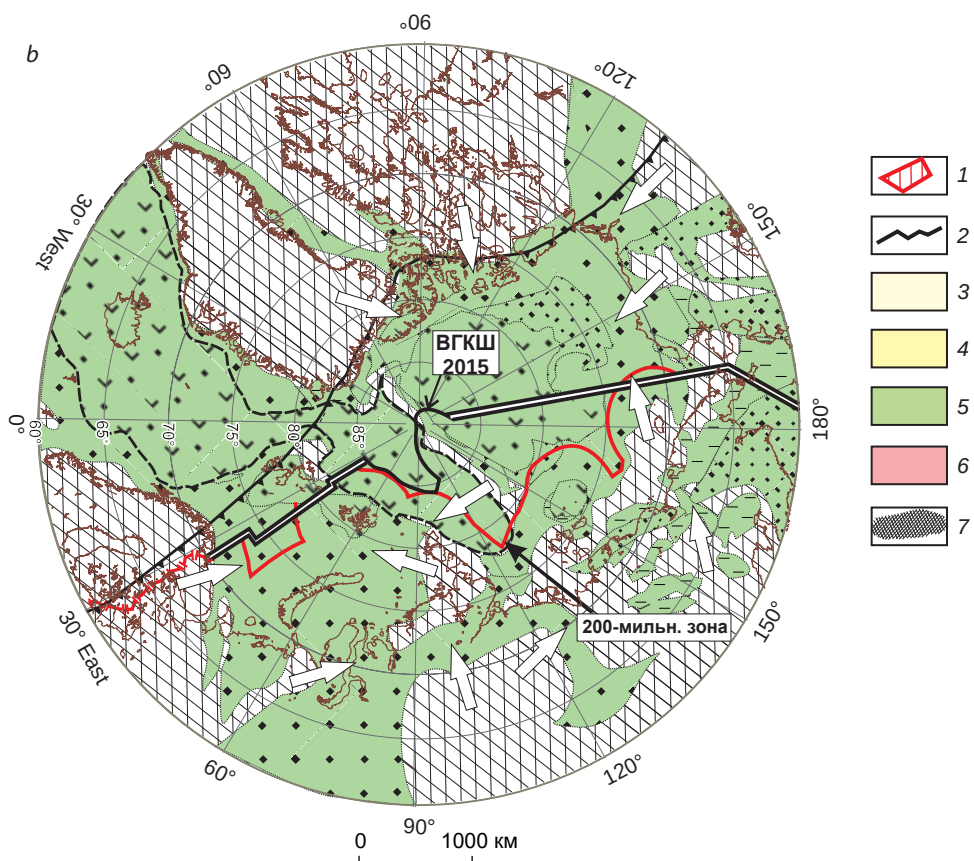
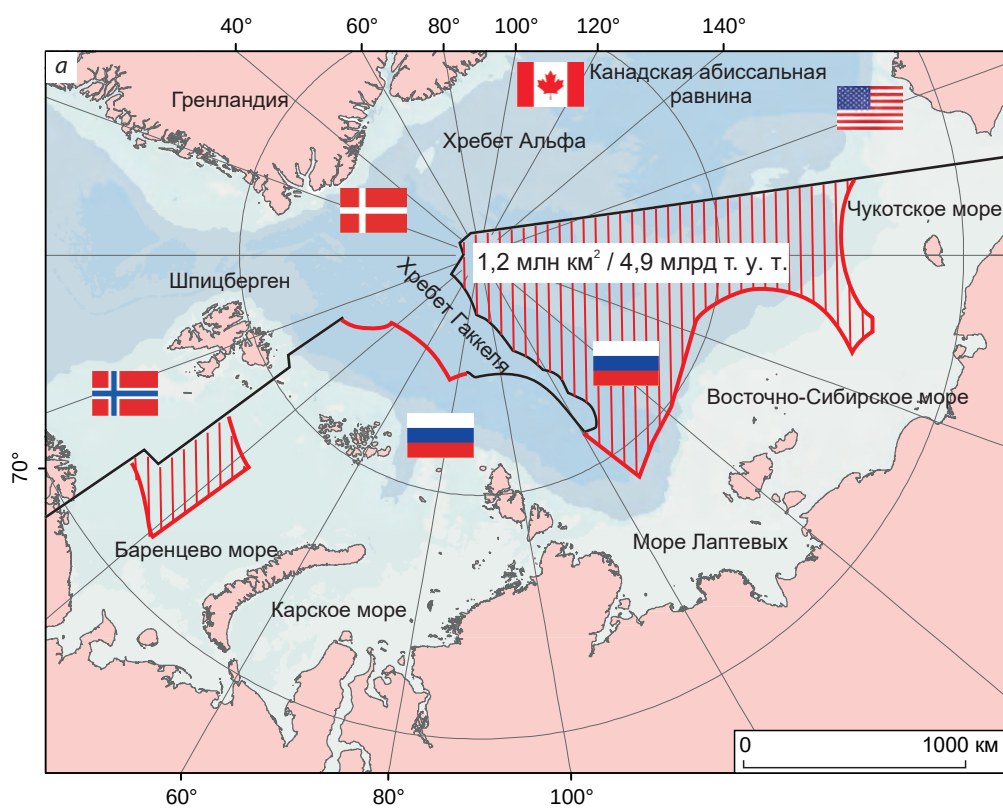
Выполненное авторами геолого-геохимическое районирование Баимской металлогенической зоны и сопряжённой с ней территории к востоку (см. рис. 3, *d*) позволило локализовать региональную зону повышенных содержаний Си (до 100 г/т) шириной 20–40 км и протяжённостью до 340 км, в пределах которой фиксируется серия аномальных геохимических полей с содержанием Си до 1000 г/т (см. рис. 3, *d*). В пределах этой зоны выделены четыре участка, перспективных на медно-порфировое оруденение (см. рис. 3, *d*), аналогичных по условиям формирования месторождению Песчанка, со значительными прогнозными ресурсами меди и золота.

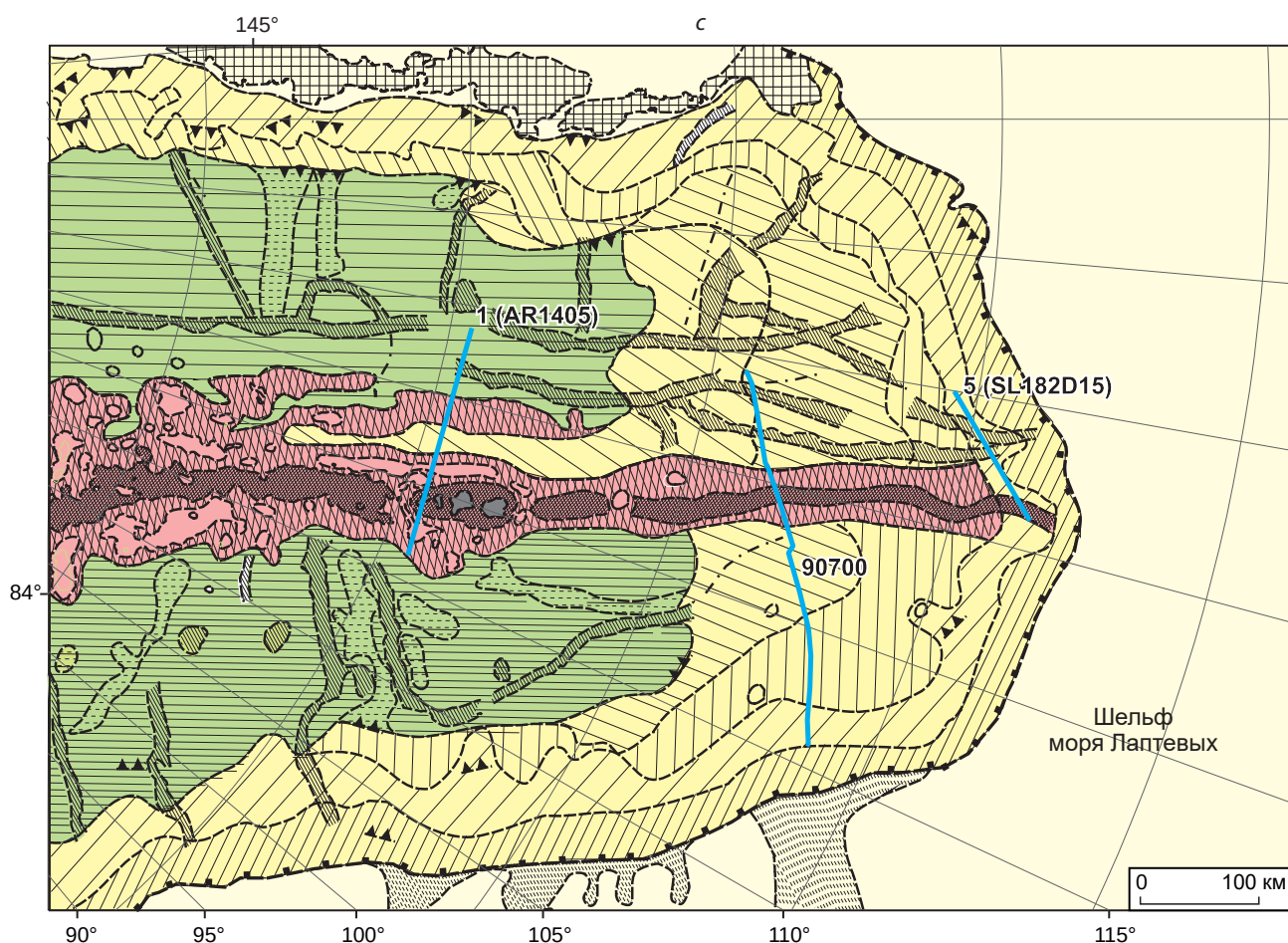
**Прогноз и локализация площадей нефтегазоносности за пределами 200-мильной зоны шельфа Ленско-Лаптевоморского и Северо-Восточно-Чукотского кластеров** (см. рис. 2, *c*) рассматривается на примере глубоководной котловины Подводников в Американо-Северном бассейне Северного Ледовитого океана (СЛО). Пространственно эта котловина входит в состав площади расширения границы континентального шельфа России, располагаясь между хребтом Ломоносова и поднятием Менделеева (см. рис. 2, *c*); глубина СЛО здесь достигает 2700–2800 м, мощность осадочного чехла – до 6000 м. По данным сейсмопрофилирования, под осадочным чехлом котловины фиксируется ось рифтогенного растяжения, а в строении чехла – протяжённые, нередко с угловыми несогласиями, слоистые толщи, в том числе, и что особенно важно, с крупными локальными сводовыми структурами (см. рис. 2, *d*). Последние фиксируются в рельефе дна локальными батиметрическими поднятиями и, как известно, могут служить «ловушками» для глубинных абигенных потоков углеводородов. На батиметрической карте котловины Подводников в южной её части, параллельной хребту Ломоносова, отчётливо фиксируется веерообразная серия узких локальных поднятий и прогибов (см. рис. 2, *f*),

прослеживающихся в соседнюю депрессию, косвенно указывая на имевшее место растяжение дна котловины между хребтом Ломоносова и поднятием Менделеева. Более отчётливо этот «веер растяжения» проявлен чередованием узких линейных гравиминимумов и гравимаксимумов, параллельных хребту Ломоносова в поле неоднородностей гравитационного поля. На карте магнитного поля в пределах «веера растяжения» с одной из его зон (между 160° и 170° в. д.) ясно коррелируется линейная серия локальных магнитных максимумов, свидетельствуя о высокой степени вероятности проявления здесь мантийного магматизма. При этом особое внимание заслуживает изолированный локальный магнитный максимум в центре котловины Подводников (пересечение 160° и 170° в. д. и 130° и 140° с. ш.). Последний имеет близкие параметры с таковыми в районе поднятия Альфа и к северу от Чукотского плато и интерпретируется как центры мантийного магматизма на дне СЛО, обеспечивающие массовые излияния базальтовых потоков в ходе внутриплитного мезозойского рифтинга и сопровождаемые притоками глубинных абигенных углеводородов. Способ локализации геохимических аномалий УВ в рыхлых отложениях дна котловины показан на рис. 2, *e*.

На основании вышеизложенного предложен комплекс прогнозных критериев прогноза и локализации нефтегазовых залежей в осадочном чехле котловины Подводников: сочетание линейных зон гравиминимумов и повышенных значений магнитного поля, фиксирующих зоны растяжения дна с синхронным мантийным магматизмом; области локальных батиметрических поднятий как признаки надсводовых структур в осадочном чехле. Рис. 2, *g* иллюстрирует пример прогноза нефтегазовых залежей в осадочном чехле котловины Подводников с ранжированием их потенциальной перспективности.

Суммарные прогнозныe ресурсы УВС в Американо-Северном бассейне СЛО (за пределами 200-мильной зоны шельфа) оцениваются в 4,9 млрд т усл. топлива (рис. 4, *a*). Однако апробация 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 (б), 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 доказательства 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 спредингом) 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 составом 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)

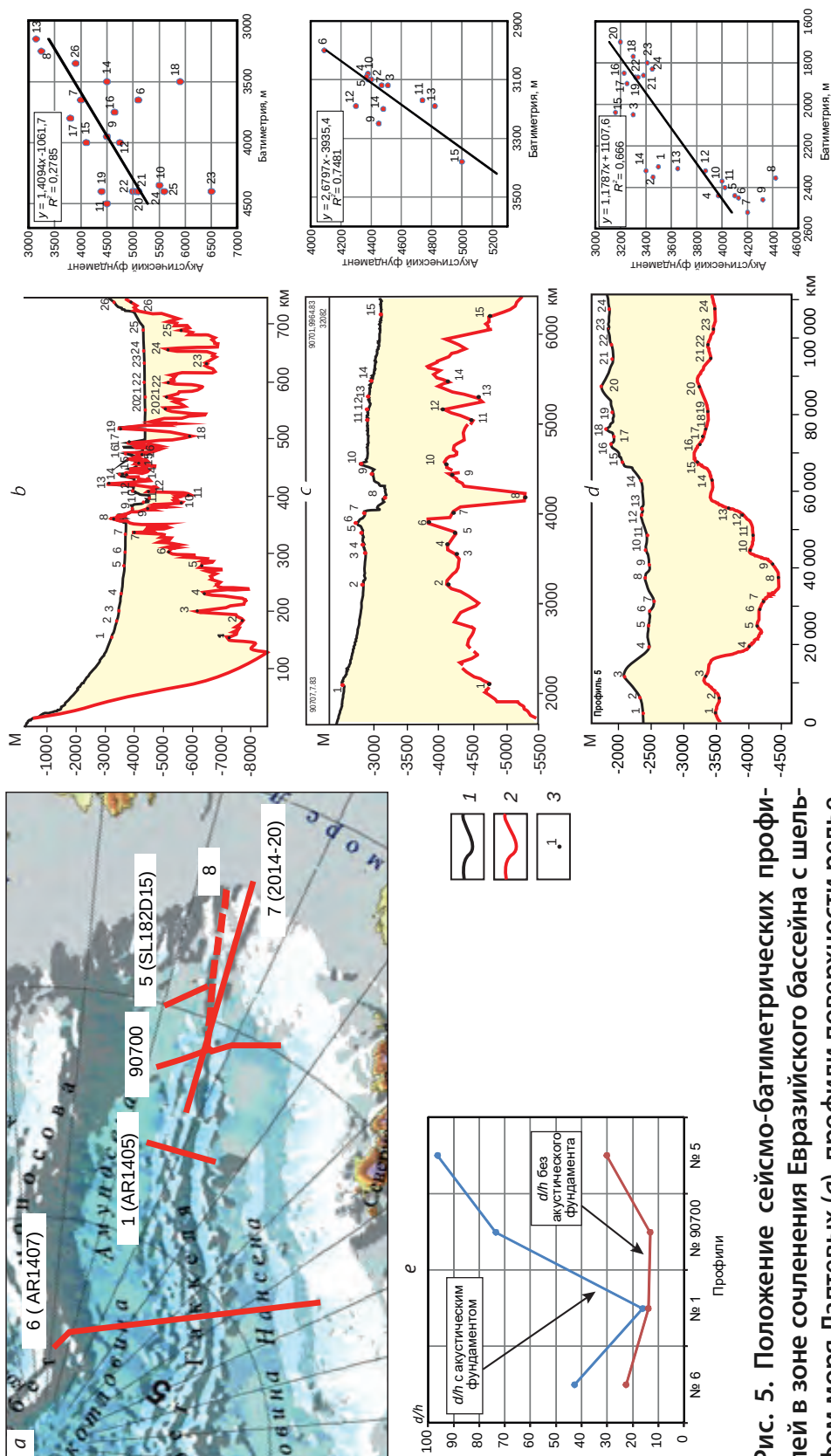
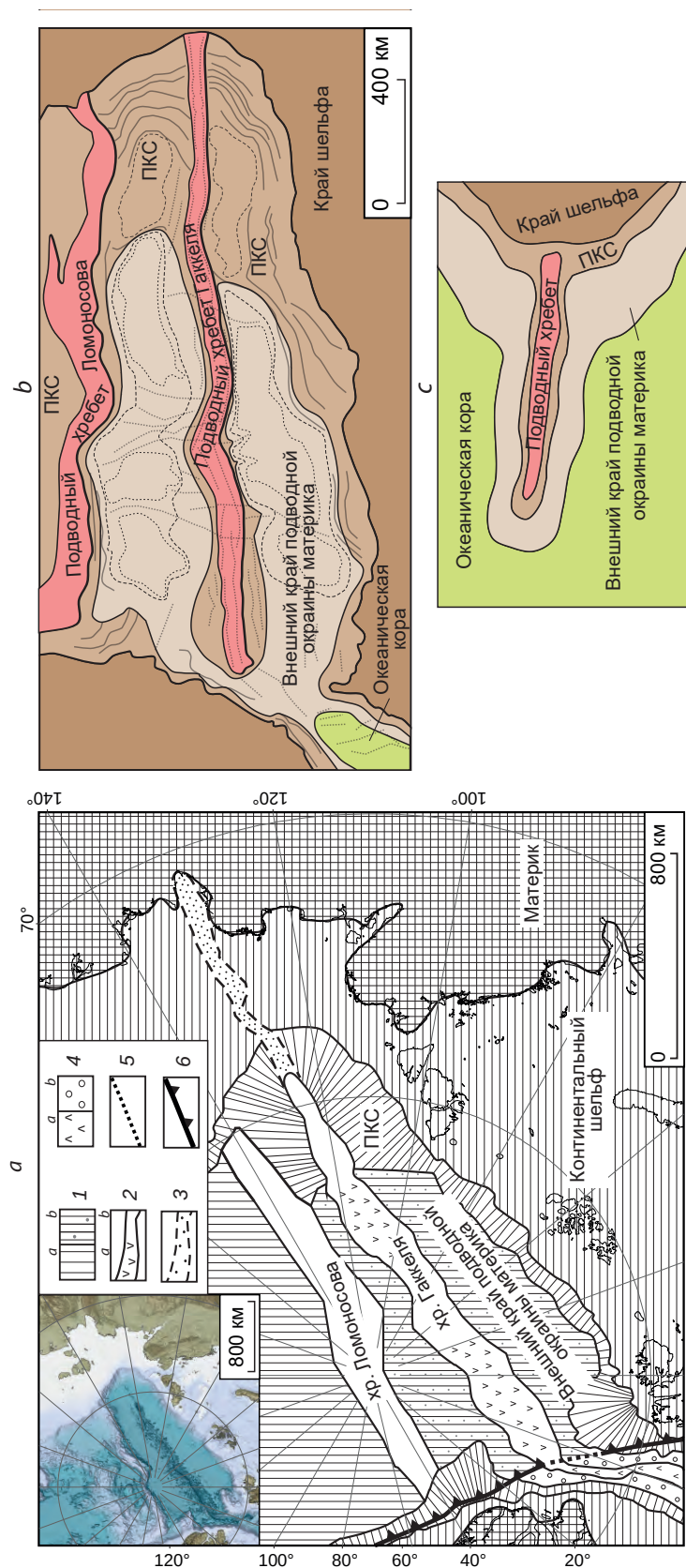


Рис. 5. Положение сейсмо-батиметрических профилей в зоне сочленения Евразийского бассейна с шельфом моря Лаптевых (а), профили поверхности рельефа и акустического фундамента хребта Гаккеля и графики корреляции их опорных точек (b–d); график изменения анизотропии  $d/h$  рифтовой долины хребта Гаккеля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

1 – 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:

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



**Рис. 6. Морфоструктурная схема Евразийского бассейна и хребта Гаккеля в зоне сочленения с шельфом моря Лаптевых (а) и идентификация их морфоструктурных элементов (б) с эталонной схемой положения подводного хребта на подводной континентальной окраине (с):**

1 – глубоководная подводная окраина бассейна; 2 – Евразийский бассейн; 3 – предполагаемое продолжение подводного хребта, перекрытого мощным осадочным чехлом; 4 – вулканический хребет переходного типа «океан-континент» (а) и бассейна (б); 5 – Тrough Лена; 6 – сбросо-сдвиговое тектоническое нарушение; ПКС – подводный континентальный склон

**Fig. 6. (a) Morphostructural scheme of the Eurasian Basin and the Gakkel Ridge – Laptev Sea shelf junction and (b) their morphostructural elements vs. (c) the reference scheme of the submarine ridge position within the submarine continental margin:**

1 – deep-sea submarine margin of the basin; 2 – Eurasian Basin; 3 – supposed continuation of the submarine ridge overlain by a thick sedimentary cover; 4 – volcanic ridge of the transitional ocean-continent type (a) and (b) basin; 5 – Lena Trough; 6 – fault-and-shear tectonic disturbance; ПКС (UCS) – underwater continental slope





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

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

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., Глумов 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., Боcharова 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 tsentrov 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 tsentrov [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 tsentrov 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., Pili-tsyn A. G., Polyakova T. N. Epikontinental'naya priroda Evraziiskogo basseina i khrebt 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 tsentrov 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. Справка 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