ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2022;(5–1):107–118
ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL PAPER

УДК 550.8 DOI: 10.25018/0236_1493_2022_51_0_107

ВЛИЯНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ И ЗОНАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОХОТСКО-ЧУКОТСКОГО ВУЛКАНОГЕННОГО ПОЯСА

В.С. Козлов[1], Э.Д. Мазаитова[2]

[1] Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия, office@ursmu.ru;
[2] ООО «Гидрогеологии, инженерной-геологии и геоэкологии», Екатеринбург, gingeo@mail.ru

Аннотация: Актуальность статьи обусловлена интенсивным открытием и отработкой месторождений на Дальнем Востоке. В статье рассматриваются проблемы изучения инженерно-геологических условий образования золото-серебряных месторождений Охотско-Чукотского вулканогенного пояса (ОЧВП), которые связаны с начальной стадией освоения и изучения данной территории, сложностью формирования геологических структур, проявлением гидротермальных и тектонических процессов, суровым климатом. Данные условия являются результатом действия региональных и зональных факторов, которые в свою очередь обуславливают формирование современного геологического строения, структурно-тектонических условий и определяют облик литосферы и ее состояние [1–3]. В качестве примера рассмотрены четыре золото-серебряных эпитермальных месторождения, для которых влияние региональных факторов отразилось следующим образом:
– расположение месторождений в единой крупной геологической структуре (ОЧВП);
– одноэтажное строение;
– приуроченность к крупным тектоническим структурам;
– массивы пород месторождений представлены вулканогенно-осадочными, изверженными породами и метасоматитами;
– металлогения рудных тел на всех месторождениях связана с разрывными нарушениями, петрографический состав рудных тел близок друг к другу [4]. Проявление зональных факторов способствовало формированию толщ многолетнемерзлых пород с одноярусным строением; криогенного водоупора и высоких кратковременных напоров подмерзлотных вод; под руслами водотоков несквозных таликов. В качестве выводов представлена концепция формирования факторов инженерно-геологических условий месторождений Охотско-Чукотского вулканогенного пояса.

Ключевые слова: охотско-Чукотский вулканогенный пояс, инженерно-геологические условия, золото-серебряные месторождения, эпитермальные месторождения, региональные факторы, зональные факторы, Приморское, Невенрекан, Ирбычан, Елочка, орогенный мезотип криолитозоны, эпикриогенные скальные породы.

Благодарности: работа выполнена в рамках реализации программы «Приоритет–2030», руководитель проекта профессор И.В. Абатурова.

Для цитирования: *Козлов В.С., Мазаитова Э.Д.* Влияние региональных и зональных факторов на формирование инженерно-геологических условий Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 5–1. – С. 107–118. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_51_0_107.

© В.С. Козлов, Э.Д. Мазаитова. 2022

The influence of regional and zonal factors on the formation of engineering and geological conditions of the Okhotsk-Chukotka volcanogenic belt

V. S. Kozlov[1], E. D. Mazaitova[2]

[1] Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia, office@ursmu.ru;
[2] LLC "Hydrogeology, engineering-geology and geoecology", Yekaterinburg, gingeo@mail.ru

Abstract: The relevance of the article is due to the intensive discovery and development of deposits in the Far East. The article deals with the problems of studying the engineering and geological conditions of the gold and silver deposits of the Okhotsk-Chukchi volcanic belt, which are associated with the initial stage of development and study of this territory, the complexity of the formation of geological structures, the manifestation of hydrothermal and tectonic processes, harsh climatic conditions. These conditions are the result of the action of regional and zonal factors, which in turn determine the formation of the modern geological structure, structural and tectonic conditions and determine the appearance of the lithosphere and its condition [1–3]. Four gold-silver epithermal deposits are considered as an example. For which the influence of regional factors was reflected:
– the location of deposits in a single large geological structure;
– a one-story structure;
– confined to large tectonic structures;
– the rock arrays of the deposits are represented by volcanogenic-sedimentary, igneous rocks and metasomatites;
– metallogeny of ore bodies at all deposits is associated with discontinuous faults, the petrographic composition of ore bodies is close to each other [4]. The manifestation of zonal factors contributed to the formation of:
– thicknesses of permafrost rocks with a single-tiered structure;
– cryogenic water resistance and high short-term pressures of permafrost waters;
– under the watercourses of non-glacial taliks. The concept of formation of factors of engineering and geological conditions of the deposits of the Okhotsk-Chukchi volcanic belt is presented as conclusions.

Key words: Okhotsk-Chukotka volcanogenic belt, engineering and geological conditions, gold and silver deposits, epithermal deposits, regional factors, zonal factors, Primorskoye, Nevenrekan, Irbychan, Yelochka, orogenic mesotype of the cryolithozone, epicriogenic rocks.

Acknowledgements: the work was carried out within the framework of the implementation of the Priority 2030 program, project manager Professor I. V. Abaturova.

For citation: Kozlov V. S., Mazaitova E. D. The influence of regional and zonal factors on the formation of engineering and geological conditions of the Okhotsk-Chukotka volcanogenic belt. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(5–1):107–118. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_51_0_107.

Введение

В настоящее время активно продолжаются поиски и разведка золото-серебряных месторождений на Дальнем Востоке. Наиболее богат в этом отношении ОЧВП, в пределах которого сосредоточено значительное количество запасов этих металлов. На протяжении 50 лет ведется разведка и оценка большинства обнаруженных золото-серебряных месторождений, однако возможность обнаружения новых, в том числе и большеобъемных, подтверждается сопоставлением известных/открытых в нем месторождений с мировыми аналогами.

Как указывает В. Ф. Белый, до сих пор изучение ОЧВП находится в самой начальной стадии [5], не изучены ряд геологических задач, соответственно неизученными остались и инженерно-геологические условия. Сложность формирования геологических структур, неоднократность проявления гидротермальных и тектонических процессов, суровый климат привели к формированию непростых инженерно-геологических условий, в которых будут строиться и функционировать горные выработки.

Методы

Охотско-Чукотский вулканогенный пояс представляет собой надсубдукционную структуру, наложенную на гетерогенное основание. Это линейная структура протяженностью более 3000 км, сложенная субаэральными известково-щелочными вулканитами и комагматичными или интрузивными образованиями, протягивающаяся вдоль Тихоокенского побережья [6].

Золото-серебряные эпитермальные месторождения локализованы в вулкано-тектонических структурах со сложным многоэтапным эффузивно-интрузивным режимом развития непосредственно на площади ОЧВП [7]. В пределах рудного поля почти каждого месторождения отмечены пострудные, реже внутрирудные дайки андезибазальтов [8].

Формирование крупных золото-серебряных месторождений может быть обусловлено несколькими причинами: 1) их положением в зоне главного разлома, который на отдельных участках трансформируется в систему глубинных разломов; 2) повышенной мощностью земной коры, в строении которой преобладают терригенные комплексы с первичной сульфидной минерализацией; 3) интенсивностью, экстенсивностью, многоактностью и различной глубиной зарождения тектономагматических процессов [9].

Таким образом, металлогения ОЧВП связана с процессами меловой тектономагматической активизации; в связи с этим были выделены три крупных класса гидротермальных систем: открытые (эпитермальные месторождения приповерхностного уровня), полуоткрытые (эпитермальные месторождения субвулканического уровня) и закрытые (мезо-гипотермальные месторождения) [10].

Инженерно-геологические условия любых месторождений, в том числе и эпитермальных, являются результатом действия региональных и зональных факторов.

Под региональными и зональными факторами, формирующими инженерно-геологические условия месторождений, могут быть приняты как эндо-, так и экзогенные процессы, обуславливающие формирование современного геологического строения, структурно-тектонических условий и определяющие облик литосферы и ее состояние (рис. 1).

Результаты

Золото-серебряные месторождения Приморское, Невенрекан, Ирбычан и Елочка расположены в пределах Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. Территориально месторождения находятся в Магаданской области: Приморское на юго-востоке Омсукчанского городского округа, а месторождения Невенрекан, Ирбычан и Елочка — в пределах Северо-Эвенского района (рис. 2).

Территория Приморского месторождения расположена в юго-восточных отрогах Туманского хребта и относится к восточному обрамлению Охотско-Колымского нагорья, которое представляет собой

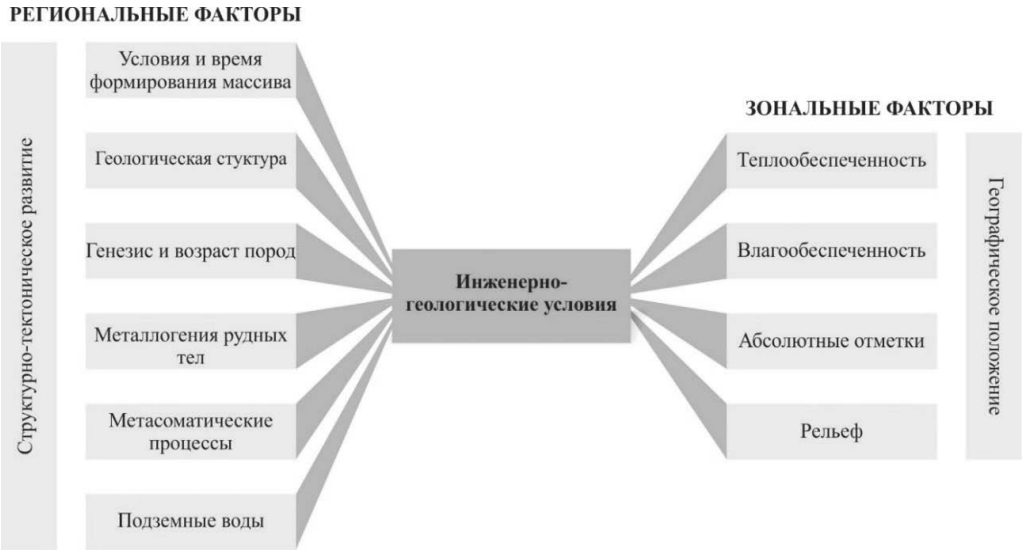

Рис. 1. Схема формирования инженерно-геологических условий месторождений
Fig. 1. Scheme of formation of engineering-geological conditions of deposits

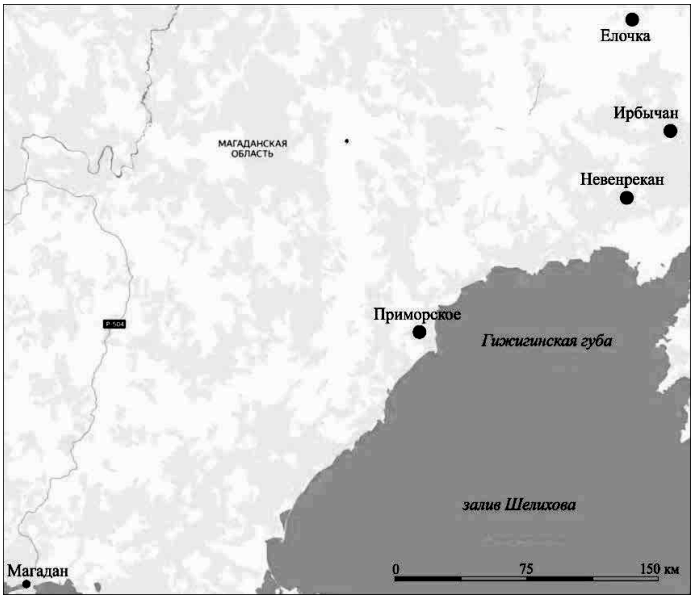

Рис. 2. Обзорная схема расположения месторождений
Fig. 2. Overview of the location of deposits

сложную систему горных сооружений низкогорья и среднегорья, с абсолютными отметками от 200 до 810 м.

Невенрекан, Ирбычан и Елочка приурочены к горной Верхояно-Колымской геологической области и расположены на отрогах Колымского нагорья, представляющего собой низкогорье и среднегорье с абсолютными отметками от 200 до 850 м.

Приморское месторождение в структурном отношении относится

к Калалагинской вулкано-тектонической депрессии (просадка), которая классифицируется как структура с центральным ядром и интрузивным обрамлением [11]. Массив пород месторождения определяют две взаимно перпендикулярные системы нарушений северо-восточного и северо-западного направлений. Разрывы северо-западного простирания связаны с развитием Омсукчанского глубинного разлома и являются более древними, дорудными. Наиболее крупные из них — это разломы Восточный и Центральный. Разрывные нарушения северо-восточного простирания по времени образования более молодые — синрудные и пострудные. Наиболее крупные из них — это региональные разломы Перевальный, Кривой, ограничивающие месторождение на севере и юге (рис. 3).

Месторождение Невенрекан расположено в юго-западной части Туромчинского вулканогенного прогиба, в зоне сочленения его со складчатым основанием. В геолого-структурном отношении месторождение относится к Невенреканскому интрузивно-купольному поднятию, в котором выделяются серии дуговых и полукольцевых разломов. Главными являются Вархаламский и Доктомычанский глубинные разломы. Вархаламский глубинный разлом — северо-западного простирания, относится к долгоживущей разрывной системе, заложение которой произошло в палеозое [12]. Доктомычанский –имеет северо-восточное простирание и состоит из серии сближенных субпараллельных разломов (рис. 3).

Месторождение Ирбычан в структурном отношении приурочено к юго-западной части Пареньского вулканического поля, а также к зоне пересечения Гижигинского, Доктомычанского и Хивачского глубинных разломов, которые предопределили блоковое строение данной территории [13]. По результатам работ Ирбычанского поискового отряда в междуречье Гижиги-Аханджи в 1976—1978 гг. (под руководством Белоглазова Е. В., Усова П. Л.) было установлено, что в месте сочленения ветвей Хивачского и Доктомычанского разломов, раскалывающих брахиантиклиналь на отдельные крупные блоки, сформировалась Хивгичанская кольцевая кальдера, выполненная верхнемеловыми вулканитами и обрамленная образованиями нижнего карбона (см. рис. 3).

Месторождение Елочка принадлежит к юго-восточной окраине Кедонского блока Омолонского массива. Структурно приурочено к краевой части Спокойнинской вулкано-тектонической депрессии [14]. Данная обстановка обусловлена сочетанием долгоживущих разломов северо-восточного-субмеридионального простирания, являющихся отражением зоны Верхне-Омолонского глубинного разлома (см. рис. 3).

В геологическом строении месторождения Приморского принимают участие вулканогенные и вулканогенно-осадочные отложения верхнего мела, представленные игнимбритами риолитов с прослоями базальтов, трахиандезитов, туфов андезитов, туфами риолитов липаритовой толщи (K_2lp^2). Рудные тела представлены жилами кварцевого состава с интенсивной окисной и силикатной марганцевой минерализацией, пиролюзит-кварцевого и родонит-пиролюзит-кварцевого состава (рис. 4).

Стратифицированные образования в Невенреканском рудном поле представлены туфами и игнимбритами дацитов и риолитов вархаламской толщи (K_2vr^1) позднего мела [12], прорванные телами и дайками андезитов, андезитодацитов. Центральную часть месторождения занимают палеогеновые образо-

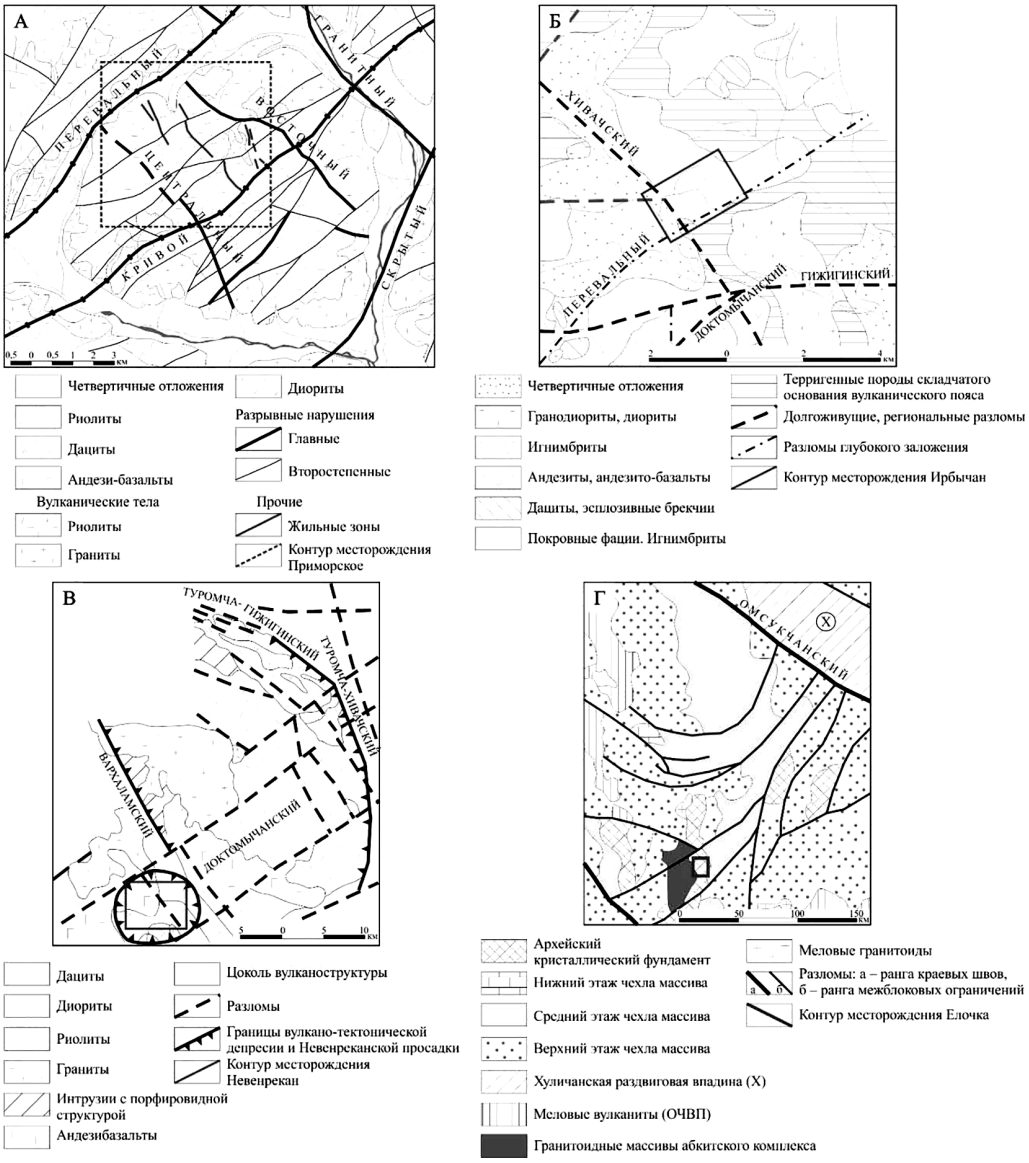

Рис. 3. Геолого-структурная схема месторождений: А — Приморское; Б — Ирбычан; В — Невенрекан; Г — Елочка

Fig. 3. Geological and structural diagram of deposits: A — Primorskoye; B — Irbychan; C — Nevenrekan; D — Yolochka

вания: базальты и их шлаки, на более высоких гипсометрических уровнях. По минеральному составу выделяется 4 типа рудных жил: кварцевые; карбонат-кварцевые; адуляр-кварцевые; сульфидно-кварцевые (см. рис. 4).

В строении месторождения Ирбычан принимает участие толща, сложенная породами верхнего мела: лавы андезито-дацитов; риолитов, их туфов и метасоматитов. Рудные тела представлены кварцевыми жилами и гидро-

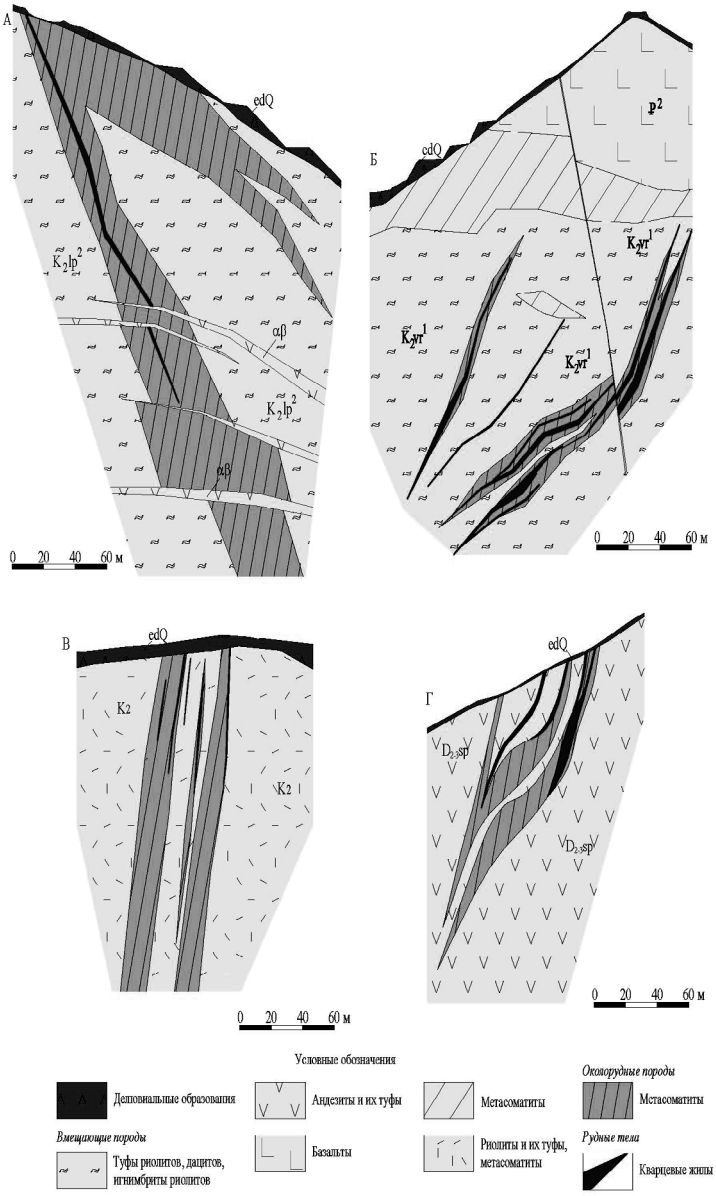

Рис. 4. Геологические разрезы месторождений: А — Приморское; Б — Невенрекан; В — Ирбычан; Г — Елочка)
Figure 4. Geological and structural diagram: A — Primorskoye; B — Nevenrekan; C — Irbychan; D — Yolochka

термальными брекчиями, подчёркивающими простирание жильных зон.

Месторождение Елочка сложено породами кедонской серии среднего девона — нижнего карбона. Эти образования представлены спокойнинской толщей ($D_{2-3}oz$), переслаивающимися лавами, кластолавами, лавобрекчиями, туфами адезитового и трахиандезитового состава [15]. Сло-

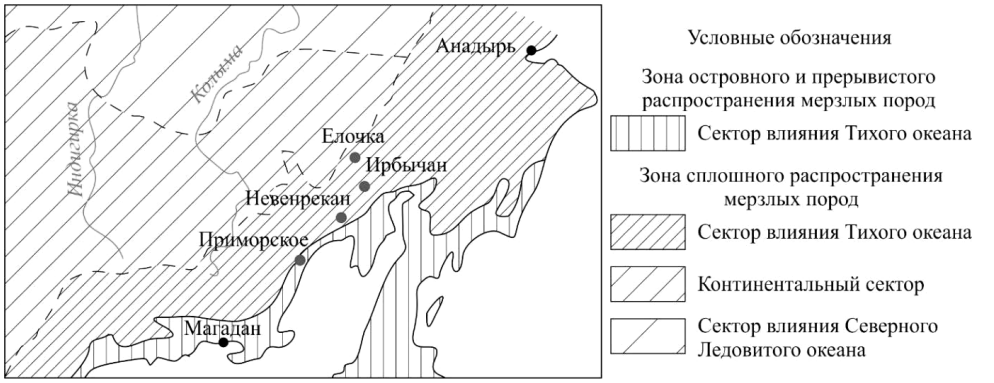

Рис. 5. Схема распространения многолетнемерзлых пород и изменения среднегодовой температуры Северо-Востока и Дальнего Востока (составила С. А. Замолотчикова)
Fig. 5. Scheme of distribution of permafrost rocks and changes in the average annual temperature of the Northeast and the Far East (compiled by S. A. Zamolotchikova)

жено рудное тело жилами кварцевого и кварц-карбонатного состава, с примесью цеолитов (см. рис. 4).

Гидротермально-метасоматическим изменениям подвержены все горные породы рассматриваемых месторождений. Для них характерны 3 стадии метасоматоза: дорудная; предрудная; синрудная [16—17]. Различный характер и интенсивность изменений, которые зависели от состава и температуры гидротерм, структурно-тектонической обстановки, состава вмещающих пород, привели к появлению метасоматитов различного состава (см. рис. 4).

Таким образом, результатом влияния региональных факторов явилось:

– формирование одноэтажного массива горных пород мелового возраста;

– приуроченность массивов месторождений к крупным тектоническим структурам;

– массив пород месторождений представлен вулканогенно-осадочными, изверженными породами и метасоматитами;

– металлогения рудных тел на всех месторождениях связана с разрывными нарушениями, петрографический состав рудных тел близок друг к другу [18]. На каждом месторождении рудные тела контролируются по падению тектонических нарушений северо-западного простирания.

Одной из главных особенностей природной обстановки рассматриваемых месторождений полезных ископаемых, которая определяет условия отработки, является их приуроченность к переходной зоне от островного и прерывистого распространения эпигенетически промерзших пород к сплошному распространению [19]. Кроме того, месторождения находятся в секторе влияния Тихого океана (рис. 5).

По типизации геокриологических условий месторождения Приморское, Невенрекан, Ирбычан и Елочка относятся к орогенному мезотипу криолитозоны, характеризующемуся преимущественно одноярусным строением [20]. Массивы горных пород представлены эпикриогенными скальными и полускальными породами. Ввиду сдренированности массивов при их промерзании формирования трещинных криотекстур не происходит либо формируются неполновыраженные криотекстуры в верхней части массивов. В целом такие массивы представлены морозными коренными породами

с довольно мягкими значениями температур от минус 5 до 0 °С.

Приуроченность территорий месторождений к провинции многолетнемерзлых пород определяет связанные с ними мерзлотно-гидрогеологические явления, такие как бугры пучения, образование наледей и таликовых зон, которые играют важную роль в гидрогеологической характеристике. Островной характер распространения многолетнемерзлых пород (ММП) обусловлен наличием таликов (надмерзлотные талики).

Месторождения входят в состав Охотско-Чукотской системы вулканогенных супербассейнов с гидрогеологическими массивами и межгорными артезианскими бассейнами. Значительную роль в подземных водотоках месторождений играют безнапорные воды аллювиальных отложений речных долин и трещиноватых эффузивов, а также глубокозалегающие напорные воды.

Проявление зональных факторов тесно связано с географическим положением, климатическими особенностями, что способствовало формированию: толщ многолетнемерзлых пород с одноярусным строением, криогенного водоупора и высоких кратковременных напоров подмерзлотных вод под руслами водотоков несквозных таликов.

Обсуждение результатов

Инженерно-геологические особенности рассмотренных месторождений, сформированные в результате действия региональных и зональных факторов, отмечаются однообразием, что определяется приуроченностью месторождений к единой геологической структуре (ОЧВП). Таким образом, изучение факторов формирования инженерно-геологических условий месторождений Охотско-Чукотского вулканогенного пояса базируется на концепции общности их генезиса, формирования в аналогичных тектонических структурах, определивших специфику их современных свойств и состояния горных пород.

Вклад авторов

Козлов В. С. — генерация идеи исследования, постановка задач исследования, получение данных для анализа, выполнение работы по систематизации материала, анализ результатов исследования, написание текста статьи.

Мазаитова Э. Д. — выполнение работы по систематизации материала, анализ результатов исследования и подготовка данных.

Конфликт интересов отсутствует.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абатурова И. В.*, *Стороженко Л. А.*, *Борисихина О. А.*, *Козлов В. С.* Инженерно-геологические условия золоторудных месторождений и особенности их изучения // Проблемы недропользования. — 2016. — № 2 (9). –С. 32—38. DOI: 10.18454/2313—1586.2016.02.032.

2. *Abaturova I. V.* et al. Methodological Bases for Obtaining Information on Engineering and Geological Conditions of Mineral Deposits // Engineering and Mining Geophysics 2021. — European Association of Geoscientists & Engineers. 2021, vol. 2021, no. 1, pp. 1—6. DOI: 10.3997/2214—4609.202152136.

3. *Abaturova I. V.* et al. Use of Geological and Structural Analysis in Evaluating Engineering and Geological Conditions of Mineral Deposits // Engineering and Mining Geophysics 2020. — European Association of Geoscientists & Engineers. 2020, vol. 2020, no. 1, pp. 1—9. DOI: 10.3997/2214—4609.202051096.

4. *Шило Н. А., Гончаров В. И., Альшевский А. В., Ворцепнев В. В.* Условия формирования золотого оруденения в структурах Северо-Востока СССР. — М.: Наука, 1988. — 181 с.

5. *Сидоров А. А.*, *Белый В. Ф.*, *Волков А. В.*, и др. Золото-серебряносный Охотско-Чукотский вулканогенный пояс // Геология рудн. месторождений. — 2009. — Т. 51. — № 6. — С. 492—507.

6. *Котляр И. Н., Русакова Т. Б.* Меловой магматизм и рудоносность Охотско-Чукотской области: геолого-геохронологическая корреляция. — Магадан: СВКНИИ ДВ РАН, 2004. — 152 с.

7. *Константинов М. М., Стружков С. Ф.* Металлогения золота и серебра Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. — М: Научный мир, 2005. — 320 с.

8. *Волков А. В., Сидоров А. А., Томсон И. Н., Алексеев В. Ю.* О многоярусном эпитермальном оруденении // ДАН. — 2003. — Т. 391. — № 2. — С. 219—222.

9. *Сидоров А. А.* Золото-серебряная формация Восточно-Азиатских вулканогенных поясов. — Магадан: СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1978. — 350 с.

10. *Zhong J.* et al. Geology and fluid inclusion geochemistry of the Zijinshan high-sulfidation epithermal Cu-Au deposit, Fujian Province, SE China: Implication for deep exploration targeting // Journal of Geochemical Exploration. 2018, vol. 184, pp. 49—65. DOI: 10.1016/j.gexplo.2017.10.004.

11. *Giordano G.*, *Cas R. A. F.* Classification of ignimbrites and their eruptions //Earth-Science Reviews. 2021, vol. *220*, pp. 103697. DOI: 10.1016/j.earscirev.2021.103697.

12. *Прийменко В. В., Глухова А. Н.*, *Фомина М. И.*, *Михалицына Т. И.* Интрузивный этап развития вулканоструктуры и Au–Ag оруденения на примере месторождения Невенрекан (Магаданская область, Россия) // Вулканология и Сейсмология. — 2020. — № 5. — С. 13—25.

13. *Акинин В. В., Миллер Э. Л.* Эволюция известково-щелочных магм Охотско-Чукотского вулканогенного пояса // Петрология. — 2011. — № 3. — С. 249—290.

14. *Волков А. В., Савва Н. Е., Сидоров В. А.* Металлогения золота и серебра кедонского (D2—3) вулканоплутонического пояса (Северо-Восток России) // Доклады академии наук. — 2011. — Т. 439. — № 5. — С. 633—640.

15. *Умитбаев Р. Б.* Охотско-Чаунская металлогеническая провинция (строение, рудоносность, аналоги). — М.: Наука, 1986. — 287 с.

16. *Brathwaite R. L.*, *Rae A. J.* Epithermal Zeolite Alteration Associated with Siliceous Sinters, Hydrothermal Eruption Breccias, and Gold-Silver Mineralization, Central Taupo Volcanic Zone, New Zealand //Economic Geology. — 2021, vol. 116, no. 5, pp. 1093—1114. DOI:10.5382/econgeo.4820.

17. *Taksavasu, T.* Fluid-Fluid Interaction in Shallow Hydrothermal Systems: Implications to Silica Vein Textures in Epithermal Deposits: Doctoral dissertation. — Colorado School of Mines. 2021, 198 p.

18. *Shimizu T.* Fluid inclusion studies of comb quartz and stibnite at the Hishikari Au–Ag epithermal deposit, Japan // Resource Geology. 2018, vol. 68, no. 3, pp. 326—335. DOI:10.1111/rge.12168.

19. *Abaturova I. V.* et al. Mapping taliks in the zones of development of permafrost with the use of a complex of methods (on the example of mineral deposits) //Engineering and Mining Geophysics, 2018. — European Association of Geoscientists & Engineers. 2018, vol. 2018, no. 1, pp. 1—10. DOI: 10.3997/2214—4609.201800546.

20. *Kozlov V.* et al. Assessment of the impact of talik zones on the development of mineral deposits //Engineering and Mining Geophysics 2019 15th Conference and Exhibition. — European Association of Geoscientists & Engineers, 2019, vol. 2019, no. 1,pp. 1—6. DOI: 10.3997/2214—4609.201901762. ГИАБ

REFERENCES

1. Abaturova I. V. , Storozhenko L. A., Borisikhina O. A., Kozlov V. S. Geotechnical conditions of gold ore deposits and peculiarities of their study. *Problems of subsurface use*. 2016, no 2 (9), pp. 32 — 38. DOI: 10.18454/2313 — 1586.2016.02.032 [In Russ].
2. Abaturova I. V. et al. Methodological Bases for Obtaining Information on Engineering and Geological Conditions of Mineral Deposits. *Engineering and Mining Geophysics 2021. European Association of Geoscientists & Engineers*, 2021, vol. 2021, no. 1, pp. 1 — 6. DOI: 10.3997/2214 — 4609.202152136.
3. Abaturova I. V. et al. Use of Geological and Structural Analysis in Evaluating Engineering and Geological Conditions of Mineral Deposits. *Engineering and Mining Geophysics 2020. European Association of Geoscientists & Engineers*, 2020, vol. 2020, no. 1, pp. 1 — 9. DOI: 10.3997/2214 — 4609.202051096.
4. Shilo N. A., Goncharov V. I., Alshevsky A. V., Vortsepnev V. V. Conditions for the formation of gold mineralization in the structures of the North-East of the USSR. Moscow: Nauka, 1988. 181 p. [In Russ].
5. Sidorov A. A., Bely V. F., Volkov A. V., et al. Gold-silver bearing Okhotsk-Chukotka volcanogenic belt. *Geology of ore deposits*. 2009, vol. 51, no. 6. [In Russ].
6. Kotlyar I. N., Rusakova T. B. Cretaceous magmatism and ore content of the Okhotsk-Chukotka region: geological-geochronological correlation. Magadan: SVKNII DV RAN, 2004. 152 p. [In Russ].
7. Konstantinov M. M., Struzhkov S. F. Metallogeny of gold and silver of the Okhotsk-Chukchi volcanic belt. Moscow: Scientific World, 2005. 320 p. [In Russ].
8. Volkov A. V., Sidorov A. A., Thomson I. N., Alekseev V. Y. On multistage epithermal mineralization. *DAN*. 2003, vol. 391, no. 2, pp. 219 — 222. [In Russ].
9. Sidorov A. A. Gold-silver formation of East Asian volcanic belts. Magadan: SVKNII DVNTs of the USSR Academy of Sciences, 1978. 350 p. [In Russ].
10. Zhong J. et al. Geology and fluid inclusion geochemistry of the Zijinshan high-sulfidation epithermal Cu-Au deposit, Fujian Province, SE China: Implication for deep exploration targeting. *Journal of Geochemical Exploration*. 2018, vol. 184, pp. 49 — 65. DOI: 10.1016/j.gexplo.2017.10.004.
11. Giordano G., Cas R. A. F. Classification of ignimbrites and their eruptions. *Earth-Science Reviews*. 2021, vol. 220, pp. 103697. DOI: 10.1016/j.earscirev.2021.103697.
12. Priymenko V. V., Glukhova A. N., Fomina M. I., Mikhalitsyna T. I. Intrusive stage of development of volcanostructure and Au-Ag mineralization on the example of the Nevenrekan deposit (Magadan region, Russia). *Volcanology and Seismology*. 2020, no. 5, pp. 13 — 25. [In Russ].
13. Akinin V. V., Miller E. L. Evolution of calc-alkaline magmas of the Okhotsk-Chukotka volcanogenic belt. *Petrology*. 2011, no. 3, pp. 249 — 290. [In Russ].
14. Volkov A. V., Savva N. Y., Sidorov V. A. Metallogeny of gold and silver of the Kedonian (D2 — 3)volcanoplutonic belt (North-East of Russia). *Reports of the Academy of Sciences*. 2011, vol. 439, no. 5, pp. 633 — 640. [In Russ].
15. Umitbaev R. B. *Ohotsko-CHaunskaya metallogenicheskaya provinciya (stroenie, rudonosnost', analogi)* [Okhotsk-Chaunskaya metallogenic province (structure, ore content, analogs)]. Moscow: Nauka, 1986, 287 p. [In Russ].
16. Brathwaite R. L., Rae A. J. Epithermal Zeolite Alteration Associated with Siliceous Sinters, Hydrothermal Eruption Breccias, and Gold-Silver Mineralization, Central Taupo Volcanic Zone, New Zealand. *Economic Geology*. 2021, vol. 116, no. 5, pp. 1093 — 1114. DOI:10.5382/econgeo.4820.
17. Taksavasu, T. Fluid-Fluid Interaction in Shallow Hydrothermal Systems: Implications to Silica Vein Textures in Epithermal Deposits: *Doctoral dissertation*. Colorado School of Mines, 2021, 198 p.

18. Shimizu T. Fluid inclusion studies of comb quartz and stibnite at the Hishikari Au–Ag epithermal deposit, Japan. *Resource Geology*. 2018, vol. 68, no. 3, pp. 326—335. DOI:10.1111/rge.12168

19. Abaturova I. V. et al. Mapping taliks in the zones of development of permafrost with the use of a complex of methods (on the example of mineral deposits). *Engineering and Mining Geophysics 2018. European Association of Geoscientists & Engineers*, 2018, vol. 2018, no. 1, pp. 1—10. DOI: 10.3997/2214—4609.201800546.

20. Kozlov V. et al. Assessment of the impact of talik zones on the development of mineral deposits. *Engineering and Mining Geophysics 2019 15th Conference and Exhibition. European Association of Geoscientists & Engineers*. 2019, vol. 2019, no. 1, pp. 1—6. DOI: 10.3997/2214—4609.201901762.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Козлов Владислав Сергеевич — инженер кафедры ГИГГ, ORCID iD 0000-0002-9435-957X, Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, 620144, Россия, mr.vkla@mail.ru;
Мазаитова Эльвина Дамировна — ведущий инженер-геолог, аспирант, ORCID iD 0000-0002-0218-4494, ООО «Гидрогеология, инженерная геология и геоэкология», г. Екатеринбург, 620014, Россия, nugmanova_elvina@mail.ru.
Для контактов: *Козлов Владислав Сергеевич*, e-mail: mr.vkla@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kozlov V. S., Engineer of the Department of GIGG, ORCID iD 0000-0002-9435-957X, Ural State Mining University, Yekaterinburg, 620144, Russia, mr.vkla@mail.ru;
Mazaitova E. D., Leading Geological Engineer, Postgraduate Student, ORCID iD 0000-0002-0218-4494, LLC “Hydrogeology, Engineering Geology and Geoecology”, Yekaterinburg, 620014, Russia, nugmanova_elvina@mail.ru.

Получена редакцией 01.11.2021; получена после рецензии 30.03.2022; принята к печати 10.04.2022.
Received by the editors 01.11.2021; received after the review 30.03.2022; accepted for printing 10.04.2022.