УДК: 553.411(571.6)

О МАГМАТИЗМЕ ВЕТРЕНСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО ПОЛЯ (Магаданская область)

***Горячев Н. А.*[1], *Альшевский А. В.*[1], *Двуреченская С. С.*[2]**

[1] ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт им. Н. А. Шило ДВО РАН ДВО РАН, г. Магадан
[2] ФГБУ Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, г. Москва
E-mail: goryachev@neisri.ru

В статье приводятся новые данные по характеристике магматизма Ветренского золоторудного поля бассейна верхнего течения р. Колыма. Даны первые сведения о составе и элементах примесей, сделана попытка оценить U–Pb возраст по извлеченным цирконам. Показаны особенности, позволяющие выделить изученные магматические тела в особый комплекс предположительно раннемелового возраста, близкого к возрасту золотого оруденения.

***Ключевые слова*: дайки и массивы диоритов и монцонитов, магматизм Ветренского месторождения золота, петрохимия и геохимия пород, датирование раннемелового события, Охотско-Корякский орогенный пояс, Северо-Восток Азии.**

DOI: 10.34078/1814-0998-2025-4-43-55

ВВЕДЕНИЕ

Ветренское месторождение, несмотря на относительно небольшие размеры, является одним из известнейших месторождений Яно-Колымского золоторудного пояса и охарактеризовано во многих публикациях (Калинин, Панычев, 1974; Золоторудные…, 1988, 2010; Многофакторные…, 1992; Геологическая…, 2016; Бондаренко и др., 2020; Горячев и др., 2023). В них детально характеризуется его золоторудная минерализация (геолого-минералогические и геохимические данные), но совершенно не рассматривается вопрос об известных проявлениях магматизма, как в пределах южного и северо-западного фланга самого месторождения (пологопадающие дайки диорит-порфиритов), так и на юго-западном фланге рудного поля (гранитоидный массив Корабль и шток Стриж). В указанных публикациях упоминается только наличие дорудных даек, отнесенных по аналогии к позднеюрскому нера-бохапчинскому комплексу. Отмечается, что крупные массивы гранитов колымского комплекса расположены в 10–20 км от месторождения и что только в 5–6 км юго-западнее месторождения отмечен полихронный, гранитоидный массив Корабль (Золоторудные…, 1988), в котором были обнаружены нами лампрофироподобные породы и «блок» гранитизированных горнблендитов с раннемеловыми K–Ar датами (Горячев и др., 2023), см. ниже. Тем не менее в общей геолого-генетической модели золотого оруденения Ветренского рудного поля отмечена важная роль гранитоидного магматизма как источника рудообразующих флюидов (Многофакторные…, 1992; Бондаренко и др., 2020). Отдельно следует упомянуть недавно опубликованную статью (Тихомиров и др., 2025), посвященную гранитоидам, так называемой Ветренской площади, в которой рассмотрены петрогеохимия и геохронология гранитоидов территории, но дайковым породам собственно Ветренского месторождения и рудного поля в ней места не нашлось. Только обращено внимание на специфику позднеюрских гранитоидов массива Корабль, отличную из всего многообразия гранитоидных плутонов этой площади. Однако в этой статье совершенно не говорится о полихронности магматизма в массиве Корабль, отмеченной ранее (Вознесенский, Маннафов, 1999). На специфику магматизма этого плутона ранее также указывали Н. В. Ичетовкин и В. М. Шевченко (Ичетовкин, 1970; Шевченко, 1996). В то же время главная особенность Ветренского месторождения заключается в его раннемеловом возрасте (126–106 млн л. – Ar–Ar и K–Ar даты) и в некоторой специфике минерального состава (Горячев

© Горячев Н. А., Альшевский А. В., Двуреченская С. С., 2025
https://orcid.org/0000-0002-2745-9167

и др., 2023), отличающей его от позднеюрско-раннемеловых орогенных месторождений золота региона. В Яно-Колымской провинции (включая Иньяли-Дебинский синклинорий и Аян-Юряхский антиклинорий) U–Pb методом по циркону датировано 170 образцов из более чем 50 гранитоидных интрузий и даек, и полученные возраста укладываются в два этапа – от 158 до 144 млн л. (пик около 150 млн л.) и от 108 до 83 млн л., при отсутствии промежуточных дат (Akinin et al., 2020).

Всё вышесказанное и определяет необходимость получения более полных данных по магматическим образованиям района Ветренского месторождения. Предлагаемая статья направлена на восполнение дефицита информации по характеристике магматизма Ветренского рудного поля. Она основана на материалах, собранных авторами во время работ на месторождении (2023 г.) и его флангах – массив Корабль (2010 г.).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основу статьи составляют авторские полевые наблюдения на полого падающей дайке (Калинин, Панычев, 1974), известной на месторождении, и специального маршрута на западный фланг массива Корабль с отбором образцов и проб. Петрографические исследования проведены на микроскопе Axioplan Imaging. Состав пород изучен методом рентгено-флуоресцентного анализа на приборе «Пионер» в Аналитическом центре СВКНИИ (силикатный анализ и определение Ba, Cr, Ni, V), а также методом ICP-MS (рудные, редкие и редкоземельные элементы, золото и платиноиды) в Аналитическом центре ИТИГ ДВО РАН в Хабаровске (под руководством Н. В. Бердникова). K–Ar абсолютный возраст пород определен в лаборатории петрологии, геохронологии и рудообразования СВКНИИ ДВО РАН (аналитик А. Д. Люскин), U–Pb датирование выполнено в Аналитическом центре ГИН СО РАН (Улан-Удэ) методом лазерной абляции (аналитик В. Б. Хубанов).

Краткая геологическая характеристика магматических образований Ветренского рудного поля. Как уже упомянуто выше, в пределах рудного поля Ветренского месторождения известны проявления даек диоритовых порфиритов и гранитоидов массивов Корабль и Стриж (рис. 1).

Нами исследована полого залегающая дайка на водоразделе ручьев Кварцевый и Журавлиный, несогласная с залеганием раннеюрских сланцев и песчаников (см. рис. 1). Подошва такой силлоподобной дайки сложена раскристаллизованными серыми диорит-порфиритами, содержащими редкие шлировидные обособления кварц-биотит-полевошпатовых пегматоидов (ксенолиты?) (рис. 2).

В нижней приконтактовой зоне отмечены также овальные ксенолиты более мелкозернистого и однородного строения размером до 20 см по дли-

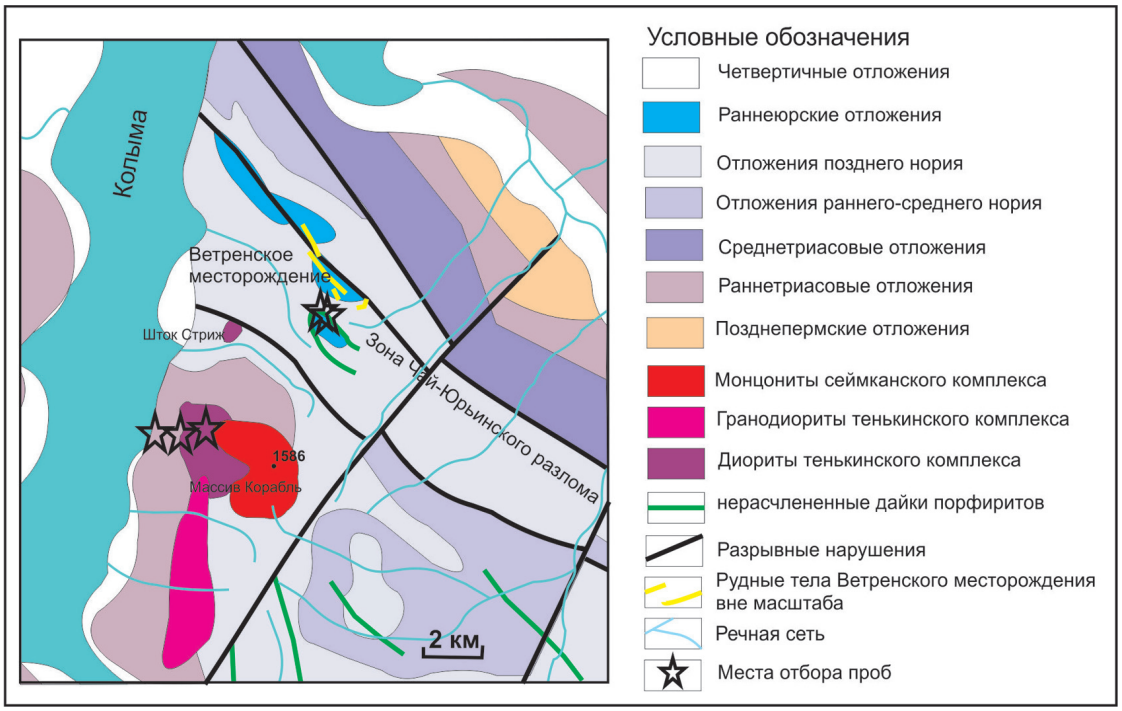
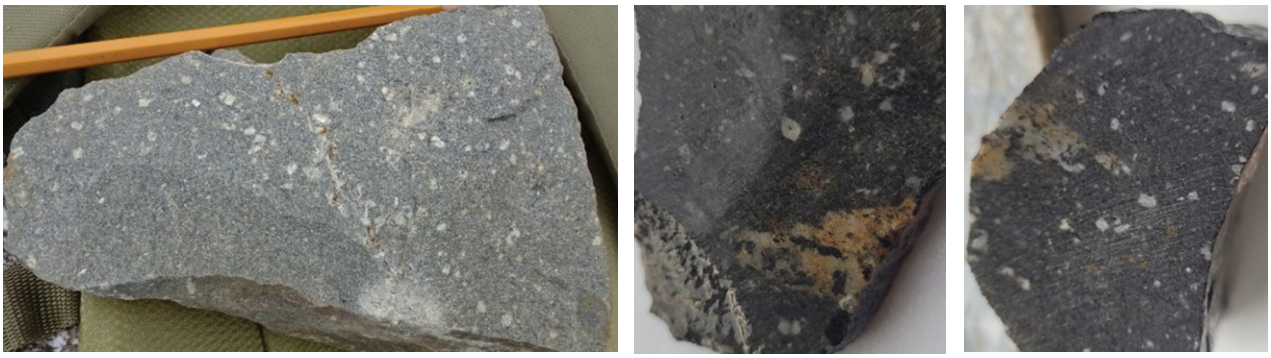


Рис. 1. Магматические тела Ветренского рудного поля. Основа по геологической карте м-ба 1 : 500 000 (Вознесенский, Маннафов, 1999) с упрощениями и дополнениями авторов.

Fig. 1. Magmatic bodies at the Vetrensky ore field. Based on the geological map, scale 1 : 500 000 (Voznesensly, Mannafov, 1999), simplified and added by the authors.



А Б В

Рис. 2. Диорит-порфирит нижней приконтактовой части пологой дайки Ветренского месторождения (обр. 250-вет).

Fig. 2. Diorite-porphyry from the lower-near-contact part of the flat dyke at the Vetrensky deposit (sample 250-вет).

ной оси (см. рис. 2а). Породы нижней части дайки больше похожи на диорит-порфириты серого цвета с вкрапленностью белого полевого шпата (до 5 мм) и редкими глазками кварца (до 1–2 мм) и в целом внешне отличаются от даек позднеюрского нера-бохапчинского комплекса свежестью облика, локальностью распространения метасоматических изменений и наличием шлировых пегматоидных обособлений (см. рис. 2, б, в). Выше по расчистке в верхнем контакте этой дайки (рис. 3) отмечаются некрупные субвертикальные апофизы мощностью 0.5–1 м длиной первые метры. Мощность рассмотренной дайки ориентировочно 50–60 м. В верхней приконтактовой ее части местами наблюдается заметная вкрапленность полуокисленного пирита (кубики 1–3 мм), развитого в пятнах метасоматитов, в которых отмечена и вкрапленность пирротина (1 мм). Измененная дайка имеет зеленовато-бурый цвет, порфировых вкрапленников нет. В этой измененной дайке встречены прожилки двух систем: (1) извилистые кварц-анкеритовые мощностью до 1 см и (2) секущие их кварц-карбонатные такой же мощности, окруженные зонами хлоритизации мощностью 1–2 см. Здесь же отобраны сколки относительно слабо измененной дайки (253-вет).

Петрографическое изучение этой пологой дайки диоритовых порфиритов показало, что породы ее сложены плагиоклазом (60–65 %), биотитом (15–20 %), карбонатом (5–10 %) и кварцем (5 %). Структура порфировая, основной массы – тонкозернистая. Вкрапленники составляют не более 5 % и представлены таблитчатыми кристаллами плагиоклаза, иногда с включениями биотита. Крупные выделения биотита (рис. 4) в виде удлиненных чешуек коричневого цвета распределены в породе достаточно равномерно. Основная масса породы состоит из мелких преимущественно ксеноморфных зерен плагиоклаза, небольшого количества карбоната и мелких зерен кварца, а также тонких чешуек биотита. Это позволяет предполагать диоритовый состав породы. Измененные породы верхней части этой дайки представлены в образце 2068-2 (см. рис. 4), имеющем порфировую структуру с мелко-аллотриоморфнозернистой основной массой. Состав породы – плагиоклаз 45–50 %, биотит измененный 15–20 %, карбонат 15–20 %, кварц 10–15 %. Биотит во вкрапленниках и основной массе имеет темный цвет и практически не просвечивает, т. к. псевдоморфно замещен глинистым минералом. В основной мас-



Рис. 3. Апофизы (рыжее) в алевролитах над верхним контактом пологой дайки Ветренского месторождения, нижний контакт около машины.

Fig. 3. Offshoots (ginger) in aleurolites over the upper contact of the flat dyke at the Vetrensky deposit; lower contact at the truck.

се значительно увеличилось количество кварца и карбоната, а также рассеянных чешуек серицита. Образец из подошвы этой же дайки (см. рис. 2), отобранный на водоразделе в 50 м к СЗ от охарактеризованной выше части дайки, представляет собой (250-вет; 201-вет) монцодиорит биотитизированный и карбонатизированный с редкой белой слюдкой. Непонятна природа биотита и карбоната. С одной стороны, наличие биотита во вкрапленниках и в основной массе позволяет относить эти породы к монцодиоритам. С другой стороны, возможен K–Fe–CO_2 метасоматоз, с формированием биотита с серицитом и карбонатом как отражение высокой степени углеродизации, характерной для рудных тел Ветренского месторождения (Калинин, Панычев, 1974; Золоторудные…, 1988). Такая биотит-карбонатная с кварцем основная масса содержит вкрапленники плагиоклаза до 1 см (рис. 5). А метасоматически преобразованные породы апофиз верхнего контакта являются по сути кварц-серицитовым метасоматитом с реликтами исходного порфирита и с прожилками мелкокристаллического кварца и карбонат-хлоритовыми включениями (см. рис. 5).

Таким образом, изученная дайка представляет собой пологую залежь с активным верхним контактом. Она заметно неоднородная и петрографически непохожа на дайки нера-бохапчинского комплекса, в ней отмечены признаки метаморфических преобразований в диорит-порфиритах

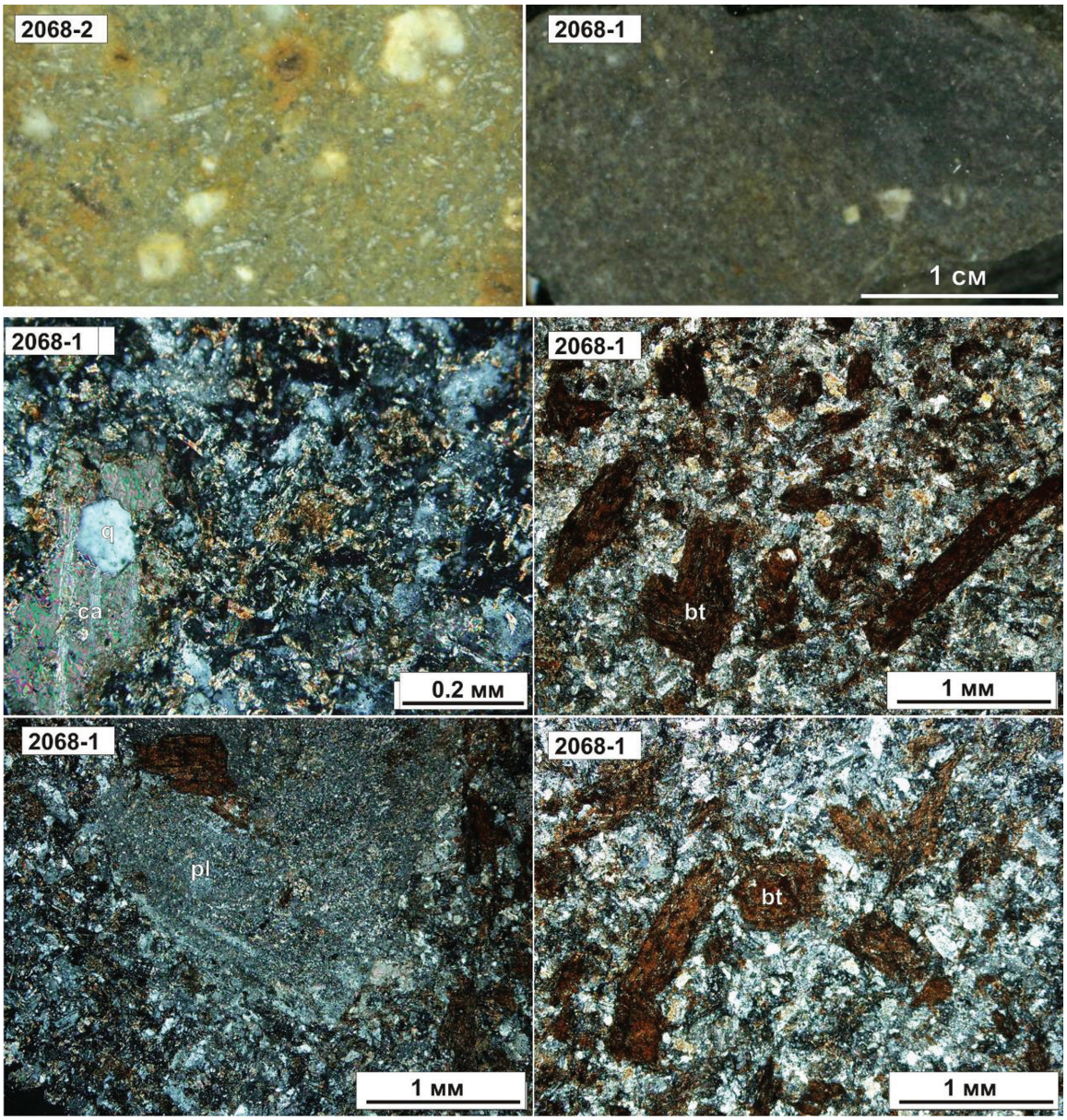


Рис. 4. Фото штуфов и шлифов дайки диоритовых порфиритов (месторождение Ветренское). Минералы: bt – биотит, q – кварц, pl – плагиоклаз, ca – кальцит.

Fig. 4. Samples and polished sections of diorite porphyries, Vetrensloye deposit. Minerals: bt – biotite, q – quartz, pl – plagioclase, ca – calcite.

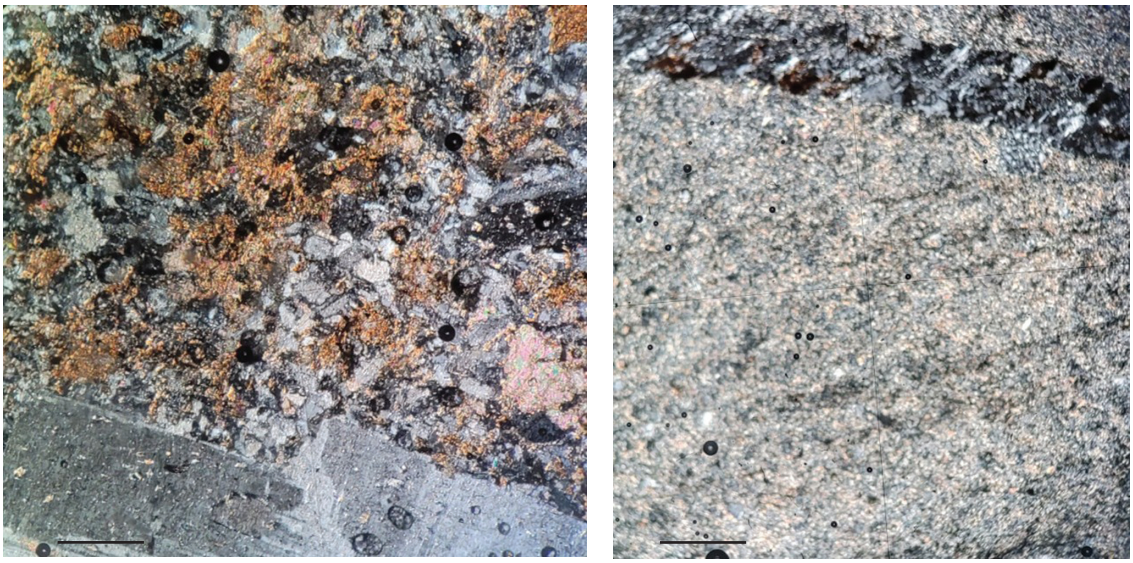


Рис. 5. Фото шлифов породы дайки Ветренского (250-вет слева, слабо измененная, из нижнего контакта; 252-1-вет справа, сильно измененная дайка с прожилком кварца из верхнего контакта). Николи скрещены. Длина масштабной линии – 0.1 мм.

Fig. 5. Polished sections of the Vetrensky dyke rock (on the left, 250-вет slightly altered, from the lower contact; on the right, 252-1-вет, highly altered dyke, with a quartz veinlet from the upper contact). Nicols crossed. Scale line 0.1 mm long.

и наличие в них ксенолитоподобных включений пегматоидного облика.

Массив Корабль, несмотря на небольшие размеры, сложен в основном породами трех фаз (диориты–гранодиориты–монцониты) (Вознесенский, Маннафов, 1999) (см. рис. 1), которые изначально относились к позднеюрскому комплексу (Геологическая…, 1964). Позднее они рассматривались в составе меловых тенькинского и сеймканского комплексов (Вознесенский, Маннафов, 1999). Однако в более поздней работе (Государственная…, 2016) ранние диориты массива Корабль по нашему образцу Км-21 были датированы U–Pb SHRIMP-методом в 152.7 млн л., что подтверждено П. Л. Тихомировым с соавторами (Тихомиров и др., 2025), показавшими дату 153.4 млн л. с образца, отобранного ими практически в том же месте. Но при этом, поздние гранодиоритовые и монцонитовые фазы остались недатированными. Следует также отметить, что наиболее вскрытая юго-западная часть массива, сложенная породами второй фазы (см. рис. 1), характеризуется элементами зональности от адамеллитов в максимально эродированной части к гранодиоритам, наиболее распространенным в составе фазы и развитием кварцевых диоритов – диоритов в приконтактовой зоне (Геологическая…, 1964). Согласно данному источнику, в этих породах получили заметное развитие метасоматические процессы, приведшие к проявлению интенсивной микроклинизации, альбитизации и окварцевания (Геологическая…, 1964).

Наши полевые наблюдения в северо-западной (приморской) части массива Корабль показали, что на этом фланге кроме пород ранней фазы, окруженных ореолом интенсивно ороговикованных осадков, отмечены дайкообразные тела спессартитов. В приконтактовой зоне роговик слюдистый, в нем кварцевые птигматиты, а также реликты слоистости (слюда–биотит, и его много). Местами в нем отмечаются серые мелкокристаллические породы с табличками амфибола (менее 1 мм) (Км-13) и бескорневыми полевошпатовыми прожилками неправильной формы, реже отмечены породы, похожие на лампрофир (Км-12а), но непосредственного перехода или контактов не наблюдалось. В непосредственно приконтактовой зоне с диоритами-гранодиоритами в амфиболсодержащих породах появляются полевой шпат и кварц, и порода иногда приобретает облик гнейсов. В ней местами проявлены жилки пегматитов с турмалином. Породы ранней фазы массива представлены мелко-среднезернистым биотит-амфиболовым монцодиоритом и кварцевым монцонитом (Км-19; Км-20; Км-21) с переходом в лейкократовый граносиенит (Км-22) (рис. 6), вероятно, поздней фазы. На спуске с вершины к Колымскому морю по другому отрогу в контактовой зоне отмечены гибридные (?) гранодиориты порфировидные с полевыми шпатами и голубым кварцем в единичных вкрапленниках. Ниже по отрогу макроскопически роговик слюдистый с гранитизацией, однако далее он переходит в мелкозернистый диорит, подобный Км-13, но

рассеченный прямолинейными жилками аплита (Км-25) (см. рис. 6). На берегу Колымского моря среди развала глыб гранодиоритов отмечаются глыбы горнблендита крупнокристаллического с полевошпатовыми и полевошпат-кварцевыми с амфиболом пегматоидными гнездами (первые см) и прожилковидными полевошпатовыми обособлениями мощностью 1–2 см (Км-26) (см. рис. 6).

Изучение шлифов показывает, что среди роговиков присутствуют дайки свежих лампрофиров (Км-13) амфибол-биотитовых (спессартит) с лейстами призматическими кристаллами роговой обманки и биотита в основной массе плагиоклаза с небольшим количеством кварца, с характерной офитовой структурой (рис. 7). Образец Км-12а, сложенный амфиболом, биотитом (частично осветленным), плагиоклазом, редким кварцем ± клинопироксен, есть рудный минерал в заметных количествах (см. рис. 7), больше соответствует монцодиоритам.



Рис. 6. Внешний вид образцов: диорита Км-25 (слева вверху) и горнблендита Км-26 (справа вверху); монцонита Км-21 (слева внизу) и граносиенита Км-22 (справа внизу).

Fig. 6. Sample exteriors: Км-25 diorite (upper left) and Км-26 horndlendite (upper right); Км-21 monzonite (lower left) and Км-22 granosyenite (lower right).

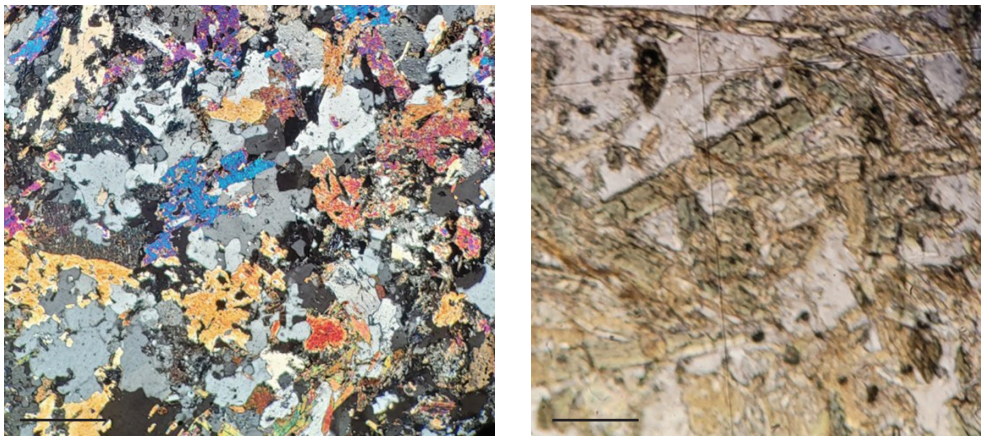


Рис. 7. Фото шлифов монцодиоритов (Км-12а – слева, николи скрещены, ув. 100) и лампрофиров (Км-13 справа без анализатора). Длина масштабной линии – 0.1 мм.

Fig. 7. Polished sections of monzodiorites (on the left, Км-12а, nicols crossed, magn. 100) and lamprophyres (on the right, Км-13, no analyzer). Scale line 0.1 mm long.

Таким образом, складывается впечатление, что в западном контакте массив неоднороден и представлен сочетанием основного тела полнокристаллических монцодиоритов с породами поздних фаз, с дайками лампрофиров, и мелкокристаллических монцодиоритов (в неясных соотношениях). Позиция горнблендитов предполагается в виде ксеноблока в монцодиоритах.

Шток Стриж диаметром около 300 м расположен к северу от массива Корабль (см. рис. 1). Он сложен диоритами, состоящими из плагиоклаза (андезина), пироксена и более поздней роговой обманки с порфировой структурой (вкрапленники пироксена и плагиоклаза) (Панычев, 1975), которые прорваны поздними дайками адамеллитов (гранодиоритов). В экзоконтакте штока известна серия радиальных кварц-арсенопиритовых, с полиметаллической ассоциацией, золотоносных жил (Панычев, 1975).

Петрогеохимическая характеристика магматических пород. Результаты петрогеохимического исследования (табл. 1) показали, что породы изученной дайки Ветренского месторождения содержат повышенные концентрации щелочей (на TAS-диаграмме занимают поле на границе монцодиоритов-диоритов) при существенном преобладании оксида натрия (рис. 8), что существенно отличает их от монцонитов – кварцевых диоритов ранней фазы массива Корабль и даек нерабохапчинского и более позднего салгыбыстахского комплексов (Государственная…, 2016). Породы дайки отличаются повышенными концентрациями Sb, Bi и относительно повышенными уровнями содержаний V, Cr и Ni. Для них характерно также высокое содержание золота и относительно повышенное – платиноидов, что обусловлено, по всей видимости, заметной степенью метасоматических изменений пород. Они также выделяются по характеру распределения редкоземельных элементов – обеднением тяжелыми редкими землями и слабым европиевым минимумом (рис. 9).

Для изученных пород ранней фазы массива Корабль характерны повышенная концентрация кремнезема и высокое содержание щелочей, при преобладании оксида калия (см. рис. 8). На TAS-диаграмме точки их составов локализованы в поле монцонитов около границы с полем кварцевых диоритов. В распределении редкоземельных элементов отмечается более высокий уровень тяжелых редких земель по сравнению с дайкой месторождения, при слабо выраженном европиевом минимуме. Один образец, предположительно из поздней фазы (полевых взаимоотношений не установлено), на TAS-диаграмме оказался в поле граносиенитов при практически равном соотношении щелочей (см. рис. 8); к сожалению, данных о распределении в нем редких земель в нашем распоряжении нет.

Дайки лампрофиров и монцодиоритов из экзоконтактовой зоны массива Корабль на

Таблица 1. **Химический состав пород даек и сопутствующих интрузивов Ветренского рудного поля**
Table 1. **Chemical composition of rocks from dykes and accompanying intrusives at the Vetrensky ore field**

Оксиды (%) / элементы (10^{-4} %)	250	253	2068-1	Км-12а	Км-13	Км-20	Км-21	Км-21*	Км-22	Км-25	Км-26
SiO_2	57.00	55.06	54.66	55.72	56.57	61.97	60.67	59.50	63.60	57.32	48.79
TiO_2	0.76	0.73	0.68	0.60	0.58	0.60	0.60	0.59	0.35	0.89	1.14
Al_2O_3	15.56	15.27	15.18	13.58	14.26	15.52	16.30	16.60	18.53	14.73	10.62
Fe_2O_3	6.44	6.29	6.55	8.25	7.66	5.80	6.19	1.80	3.12	8.18	13.82
FeO	–	–	–	–	–	–	–	3.92		–	–
MnO	0.15	0.15	0.14	0.15	0.14	0.11	0.11	0.12	0.04	0.16	0.32
MgO	3.21	2.98	4.12	8.71	7.80	3.12	2.85	3.41	1.33	5.36	10.94
CaO	4.45	5.04	5.33	7.10	6.78	4.88	4.90	5.18	4.39	6.83	9.42
Na_2O	4.75	4.79	4.11	2.74	2.91	3.39	3.29	3.57	4.06	2.54	1.56
K_2O	2.85	1.47	2.50	1.67	1.62	3.82	4.17	3.85	4.10	2.88	1.34
P_2O_5	0.33	0.33	0.31	0.14	0.16	0.25	0.30	0.30	0.15	0.33	0.25
nnn	4.53	7.88	6.43	1.34	1.52	0.54	0.61	0.57	0.33	0.78	1.80
Сумма	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.99	99.90	100.0	100.0	100.0
Ba**	845	598	599	280	358	390	490	–	440	480	250
Cr**	42	47	54	830	671	1000	80	–	270	40	280
Ni**	20	18	23	170	147	20	20	–	10	20	30
V**	92	85	138	–	160	–	–	–	–	–	–
Li	59.2	36.15	59.6	–	–	–	–	–	–	–	–
Be	2.06	2.28	1.67	–	–	1.77	–	–	–	1.34	0.80
V	129.2	133.0	116.5	–	–	–	–	–	–	–	–
Cr	46.3	49.4	85.7	–	–	65.1	–	65.9	–	182.8	225.9

Окончание таблицы 1

Оксиды (%) / элементы (10^{-4} %)	250	253	2068-1	Км-12а	Км-13	Км-20	Км-21	Км-21*	Км-22	Км-25	Км-26
Co	13.4	13.6	14.2	–	–	15.7	–	–	–	21.0	32.35
Ni	11.2	13.2	20.3	–	–	16.1	–	16.9	–	13.2	42.8
Cu	22.0	3.46	25.7	–	–	31.7	–	–	–	20.2	19.4
Zn	121.1	122.7	76.4	–	–	–	–	–	–	–	–
Ga	17.6	18.5	14.9	–	–	–	–	–	–	–	–
Ge	0.85	1.34	1.42	–	–	–	–	–	–	–	–
As	0.07	13.2	3.42	–	–	3.88	–	–	–	4.35	10.9
Se	0.001	0.001	0.001	–	–	–	–	–	–	–	–
Rb	75.0	39.8	58.5	–	–	114.3	–	93	–	91.9	43.0
Sr	–	–	–	–	–	571.2	–	595	–	518.4	267.2
Y	10.4	10.4	–	–	–	19.8	–	21.7	–	22.0	30.6
Zr	–	–	–	–	–	8.6	–	166	–	12.0	42.1
Nb	16.2	10.2	5.97	–	–	15.3	–	13.30	–	10.9	7.62
Mo	0.38	2.53	0.43	–	–	0.91	–	–	–	1.08	0.10
Ag	3.32	2.74	0.18	–	–	0.32	–	–	–	0.39	0.11
Cd	0.09	0.07	0.05	–	–	-	–	–	–	–	–
In	2.82	0.001	0.05	–	–	-	–	–	–	–	–
Sn	1.56	1.47	3.07	–	–	1.63	–	–	–	1.09	2.51
Sb	0.82	1.00	2.57	–	–	0.15	–	–	–	0.27	0.29
Te	0.001	0.001	0.001	–	–	-	–	–	–	–	–
Cs	13.2	1.87	5.61	–	–	2.38	–	2.41	–	4.21	0.73
La	25.0	30.1	23.6	–	–	25.6	–	26.7	–	20.79	15.3
Ce	56.7	65.05	47.05	–	–	52.3	–	53.9	–	45.1	40.5
Pr	6.16	7.06	5.63	–	–	6.09	–	6.49	–	5.58	5.92
Nd	26.1	29.4	21.8	–	–	22.72	–	26.4	–	22.31	25.61
Sm	5.14	6.03	4.47	–	–	4.64	–	5.20	–	4.96	6.34
Eu	1.39	1.61	1.19	–	–	1.20	–	1.25	–	1.30	1.23
Gd	4.59	5.46	4.32	–	–	4.92	–	4.66	–	5.40	7.06
Tb	0.48	0.55	0.51	–	–	0.64	–	0.72	–	0.74	1.02
Dy	2.32	2.56	2.36	–	–	3.60	–	3.98	–	4.10	5.93
Ho	0.38	0.41	0.43	–	–	0.73	–	0.84	–	0.81	1.19
Er	1.21	1.30	1.27	–	–	2.11	–	2.29	–	2.31	3.38
Tm	0.16	0.17	0.18	–	–	0.31	–	0.32	–	0.33	0.49
Yb	1.26	1.23	1.26	–	–	2.00	–	2.49	–	2.10	3.12
Lu	0.19	0.18	0.20	–	–	0.31	–	0.39	–	0.31	0.46
Hf	–	–	–	–	–	0.62	–	4.46	–	0.51	1.73
Ta	1.09	0.74	0.35	–	–	1.13	–	1.18	–	0.77	0.57
W	0.28	0.14	0.24	–	–	0.28	–	–	–	0.38	0.58
Pb	11.7	10.15	20.1	–	–	11.9	–	7.41	–	10.6	9.80
Bi	0.06	0.02	0.12	–	–	0.01	–	–	–	0.001	0.01
Th			5.41	–	–	8.47	–	9.07	–	5.15	1.70
U			1.34	–	–	1.64	–	1.19	–	1.40	0.68
Ru***	0.04	0.17	0.25	–	–	–	–	–	–	–	–
Rh***	0.12	0.14	0.19	–	–	–	–	–	–	–	–
Pd***	0.42	0.61	3.78	–	–	–	–	–	–	–	–
Ir***	0.06	0.11	0.16	–	–	–	–	–	–	–	–
Pt***	0.77	1.23	1.04	–	–	–	–	–	–	–	–
Au***	234	159	10.9	–	–	–	–	–	–	–	–

Примечание: * анализ заимствован из (Государственная…, 2016); ** данные рентгено-флуоресцентного анализа; *** содержания в (10^{-7} %) данные ICP-MS анализа; пробы: 250, 253, 2068-1 – слабо измененные диорит-порфириты, Км-12, -13, -25 – лампрофиры-диоритовые порфириты, Км-20, -21 монцониты-кварцевые диориты; Км-22 монцониты; Км-26 – горнблендиты. Прочерк – элемент не определялся.

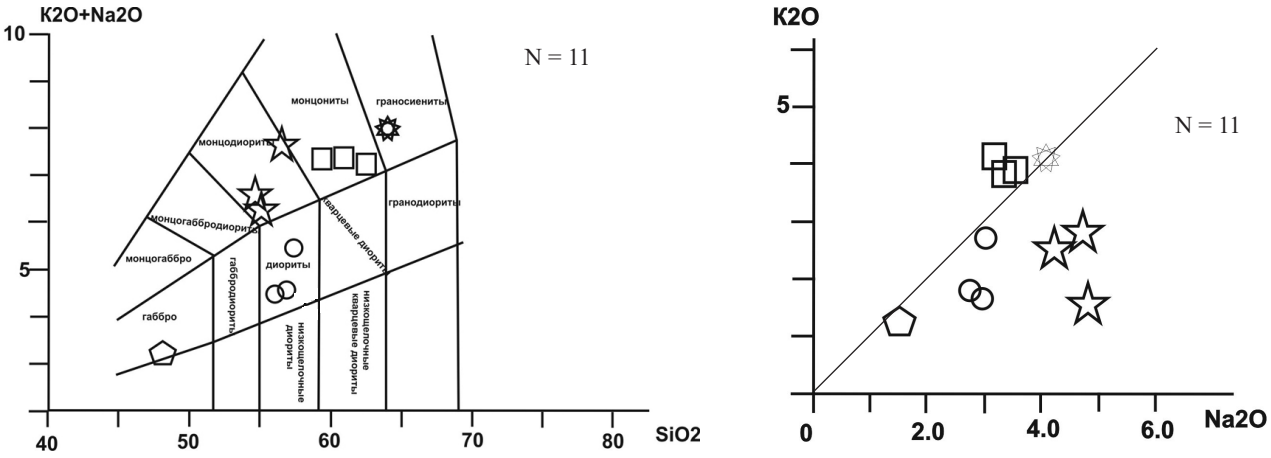


Рис. 8. TAS-диаграмма и диаграмма K_2O–Na_2O для пород Ветренского рудного поля. Звезда – дайка Ветренского месторождения, квадрат – ранняя фаза массива Корабль, кружок – дайки лампрофиров и диорит-порфиритов экзоконтакта массива Корабль, пятиугольник – горнблендиты, сложная звезда – поздняя фаза.

Fig. 8. TAS-diagram and K_2O–Na_2O diagram for the Vetrensky ore field rocks. Star marks the Vetrensky deposit dyke; square, the Korabl massif early phase; circle, lamprophyre and diorite-porphyrite dykes at the Korabl massif exoconact; pentagon, hornblendites; compound star, the late phase.

TAS-диаграмме попадают в поле диоритов при близких к 1:1 соотношениях щелочей с незначительным преобладанием оксида натрия и уровнем оксида калия, близким к дайке месторождения (см. рис. 8). Для них характерны заметно большие концентрации оксидов железа, магния и кальция, а также аномально высокие концентрации Cr, Ni, V. По распределению редкоземельных элементов также имеются отличия от остальных изученных пород, а именно, существенное преобладание тяжелых редких земель, более заметен европиевый минимум и понижены концентрации лантана и церия (см. рис. 9). По распределению редких земель они практически идентичны горнблендитам.

Таким образом, по результатам изучения состава пород можно выделить четыре их группы: монцониты–кварцевые диориты ранней фазы и граносиениты поздней фазы массива Корабль, изученная нами дайка Ветренского месторождения, дайки (?) лампрофиров и порфиритов контактовой зоны массива Корабль и горнблендиты неясной природы.

Геохронология. Вопрос о возрасте оруденения Ветренского месторождения обсуждался в ряде работ (Золоторудные…, 1988; Ньюберри и др., 2000; Горячев и др., 2023), в которых на основании K–Ar и Ar–Ar датировок серицита из рудных тел оценен раннемело-

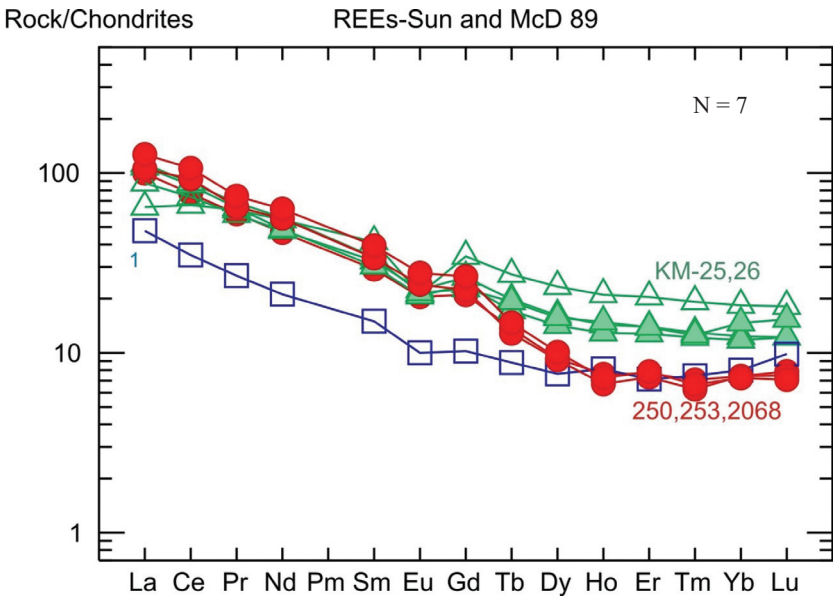


Рис. 9. Распределение редкоземельных элементов в магматических породах Ветренского золоторудного поля. Красные кружки – дайка Ветренского месторождения, зеленые треугольники залитые – позднеюрские монцониты массива Корабль, незалитые – горнблендиты и лампрофир (?); синий квадрат – раннемеловая дайка сылгыбыстахского комплекса (Государственная…, 2016).

Fig. 9. Rare-earth elements distribution in the magmatic rocks at the Vetrensky gold ore field. Red circles stand for the Vetrensky deposit dykes; green triangles filled, Late Jurassic Monzonite in the Korabl massif; those unfilled, hornblendites and lamprophyre (?); blue square, Early Cretaceous dyke of the Sylgybystakh complex (Federal …, 2016).

вой возраст золотого оруденения (ориентировочно 126–125 млн л., хотя размах дат от 104 до 126 млн л.).

Мы попытались продатировать цирконы, извлеченные из изученной дайки Ветренского месторождения, U–Pb методом с лазерной абляцией. Результаты приведены на рис. 10. Из них видно, что данные по дискордии и конкордии заметно различаются – 99.7 и 119.3 млн л. при заметной ошибке, практически перекрывающей полученный интервал, и малом количестве точек, учтенных в конкордии. При таких ошибках и отклонениях от дискордии вряд ли можно рассматривать значение в 100 млн л. как корректную цифру. Для конкордантных же значений очень мало точек. По существу, только 2 определения попадают на конкордию, поэтому и ошибки велики. Тем не менее это позволяет оценить возраст дайки как раннемеловой, с учетом того, что она подвержена метасоматическим изменениям с наложенной рудной минерализацией, которая датирована Ar–Ar методом в 126.5 млн л. (Ньюберри и др., 2000).

Помимо этой датировки нами было сделано два определения возраста горнблендитов K–Ar методом, которое показало раннемеловые даты (табл. 2), сходные с Ar-Ar датой 126.5 млн лет серицита Ветренского месторождения (Ньюберри и др., 2000).

Таким образом, полученные нами геохронологические данные не позволяют однозначно датировать изученные магматические образования и требуют дальнейшего исследования, особенно в свете данных о возрасте магматизма региона (Akinin et al., 2020). В настоящий момент мы можем только говорить о наличии раннемелового (128–126 млн л.) этапа закрытия изотопных систем в массиве Корабль и рудном поле Ветренского месторождения.

Калий-аргоновые определения по горнблендиту также не вносят ясности. Для корректного расчета возраста надо знать первичное Ar–Ar отношение, а оно неизвестно. Кроме того, непонятно, как эти породы соотносятся с гранитоидами массива Корабль и дайками, что также требует дополнительного изучения.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные нами исследования показали всю сложность и неоднозначность характеристики магматических пород в истории формирования раннемелового золотого оруденения орогенного типа в Ветренском рудном поле. В настоящий момент мы можем говорить о своеобразии магматизма в этом районе, заключающемся в его повышенной щелочности и многофазности проявления. Геохронологические данные, несмотря на сложности интерпретации, позволяют говорить только о наличии раннемелового (преимущественно 119 млн л.) события, с которым, по всей видимости, связаны процессы формирования золотого оруденения и внедрения поздних фаз массивов Корабль и Стриж. Вероятно, к этому или более позднему событию следует относить проявления поздних гранодиоритов-граносиенитов и лампрофиров в ареале магматизма массива Корабль, который имеет попе-

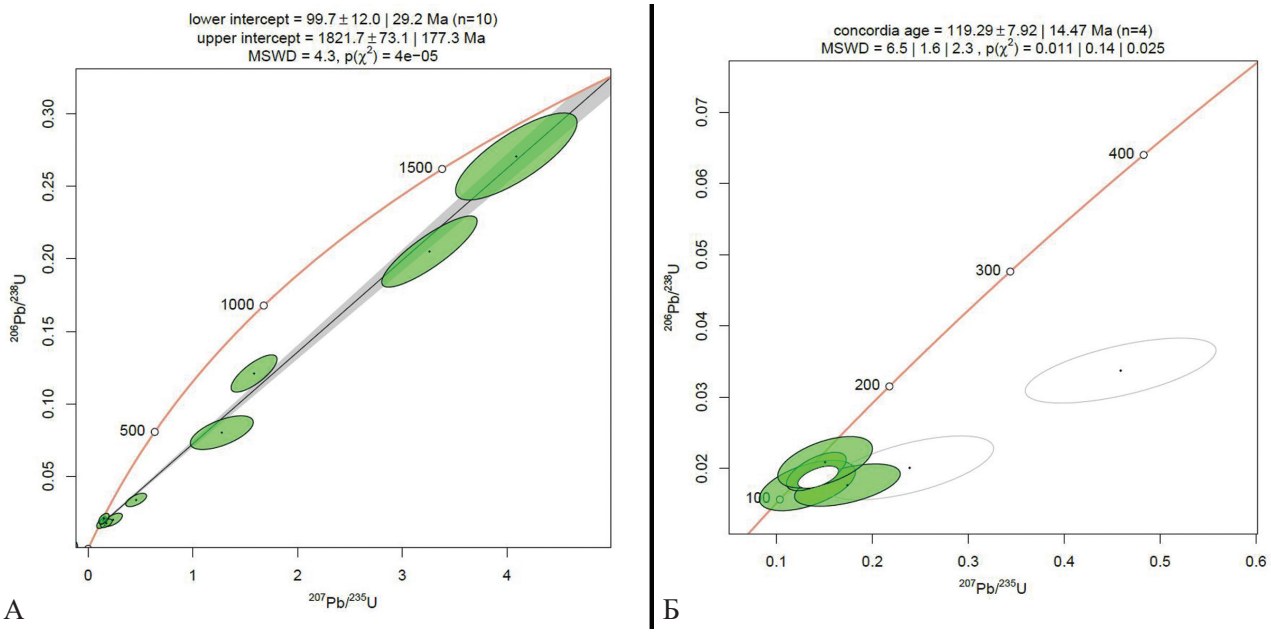


Рис. 10. Pb-изотопные диаграммы датирования цирконов из дайки Ветренского месторождения. А – дискордия, Б – конкордия.

Fig. 10. Pb-isotopic diagrams of darting zircons from the Vetrensky deposit dyke. А – discordia, Б – concordia.

Таблица 2. **Результаты калий-аргонового датирования горнблендита**
Table 2. **Results of hornblendite K–Ar dating**

Номер полевой	Номер лаборатории	Характеристика	K ± σ, %	Ar ± σ, нг/г	Дата, млн л. ± σ
Км-26а	55879	Горнблендит	1.03 ± 0.01	9.5 ± 0.13	128 ± 2
Км-26б	55880	Полевошпатовые обособления в горнблендите	0.80 ± 0.01	7.3 ± 0.13	127 ± 3

речную ориентировку относительно складчатой структуры Яно-Колымского пояса, на что в свое время обратил внимание Н. В. Ичетовкин (1970). Ранее (Соболев, Колесниченко, 1979) массив Корабль был отнесен к ареалу гранитоидов охотского типа, однако среди типовых массивов данного типа пород такого состава в прилегающем регионе не отмечено, кроме Центрального щелочного массива в бассейне р. Нелькоба (Государственная…, 2016), отнесенного к позднему мелу. В то же время следует отметить также признаки глубинности происхождения этого магматизма, заключающиеся в повышенных концентрациях в породах Cr, V, Ni. Наличие признаков щелочно-карбонатного метаморфизма в породах дайки Ветренского месторождения, наряду с проявлением в ней своеобразных пегматоидных обособлений, схожих с жильными пегматоидами приконтактовой зоны массива Корабль, с учетом отсутствия датировок его поздних фаз оставляет вопрос о времени проявления такого метаморфизма открытым, поскольку признаков контактового метаморфизма в оруденении Ветренского месторождения никем не обнаружено. Кстати, южнее, уже в Приохотской зоне, выявлен гранитный магматизм омчанского комплекса с датами 129.4–120.4 (Государственная…, 2016), который следует отнести к магматизму, связанному со становлением Охотско-Корякского орогенного пояса (Геодинамика…, 2006), ареал магматизма которого развит южнее и вокруг Охотского микроконтинента.

Дайковый ареал Ветренского месторождения локализован в Ветренско-Эльгеньинской зоне регионально-контактового метаморфизма, удаленной от крупных гранитных плутонов (Крутоус, Гельман, 1971). Эти исследователи выделили зону метаморфизма в рассланцованных осадках, подверженных региональному метаморфизму, и высказали предположение о связи наложенного метаморфизма с проявлением гранитоидного магматизма. Однако датировки руды и магматизма оказались заметно разными. Тем не менее, положение даек с полученной нами максимальной оценкой датировки в 119 млн л. больше коррелирует с известным возрастом оруденения и датировками горнблендита, подверженного своеобразной полевошпатизации. Это и позволяет сопоставлять изученную дайку с салгыбыстахским комплексом, выделенным В. И. Шпикерманом (Государственная…, 2016) и датированным U–Pb SHRIMP-методом в 126 млн л., а также с вышеупомянутым омчанским комплексом и гранитоидами Южного Верхоянья, в том числе с дайками, известными на Нежданинском месторождении раннемелового возраста (Геодинамика…, 2006).

Учитывая неоднозначность полученных данных, мы предполагаем в будущем провести специальные работы по изучению гранитоидов и монцонитоидов массивов Корабль и Стриж для получения более надежных результатов.

В заключение следует еще раз отметить специфику магматизма Ветренского рудного поля, которая в соответствии с возрастом золотого оруденения позволяет согласиться с мнением (Крутоус, Гельман, 1971; Бондаренко и др., 2020) о его формировании в результате эволюции соответствующей рудно-магматической системы, возрастные рамки действия которой требуют уточнения.

БЛАГОДАРНОСТИ

Мы благодарим Российский научный фонд за поддержку нашего проекта РНФ 23-47-00064, в рамках которого подготовлена данная статья. Авторы благодарят рецензента и члена-корреспондента РАН А. Э. Изоха за предметные консультации и замечания, способствовавшие улучшению статьи. Мы также благодарны Н. В. Пачерскому за представленные для изучения образцы и коллективам аналитиков аналитических центров СВКНИИ и ИТИГ ДВО РАН и ГИН СО РАН за выполненные анализы, которые наряду с нашими наблюдениями послужили основой данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА

Бондаренко Н. В., Утенков В. А., Пачерский Н. В., Раков Н. Д. Геолого-генетическая модель формирования Ветренского золоторудного месторождения (Магаданская область) // Отечественная геология. 2020. № 2. С. 17–31.

Вознесенский С. Д., Маннафов Н. Г. Геологическая карта Колымо-Охотского региона масштаба 1 : 500 000. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1999. Л. 32.

Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России : в 2 кн. / Под ред. А. И. Ханчука. Владивосток: Дальнаука, 2006. 985 с.

Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Серия Верхне-Колымская, лист P-55-XXIV (В. Д. Володин, М. Д. Эльянов). Объяснительная записка. Москва: Недра, 1964. 80 с.

Горячев Н. А., Соцкая О. Т., Горячев И. Н., Михалицына Т. И. Минералого-геохимические особенности раннемелового золотого оруденения восточного фланга Яно-Колымского орогенного пояса (Магаданская область, Россия) // Тихоокеанская геология. 2023. Т. 42. № 6. С. 80–95.

Государственная геологическая карта масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Верхне-Колымская, лист P-55 – Сусуман (Объяснительная записка, ред. В. И. Шпикерман). Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2016. 585 с.

Золоторудные месторождения СССР. Т. 4. Геология золоторудных месторождений Востока СССР / Ред. В. А. Нарсеев. Москва: ЦНИГРИ, 1988. 264 с.

Золоторудные месторождения России / Ред. М. М. Константинов. Москва: Акварель, 2010. 350 с.

Ичетовкин Н. В. Гранитоиды Детрино-Сеймканского поперечного интрузивного ряда (южная часть Яно-Колымской складчатой области) : автореф. дис. … канд. геол.-минер. наук. Новосибирск, 1970. 26 с.

Калинин А. И., Панычев И. А. Геологическое строение и минералогия Ветренского золоторудного месторождения // Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Вып. 21. Магадан, 1974. С. 142–147.

Крутоус М. П., Гельман М. Л. Метаморфизм осадочных и дайковых пород в Ветренской золоторудной зоне // Информационный бюллетень о результатах тематических работ. Магадан: ЦКТЭ СВГТУ, 1971. С. 31–33.

Поступила в редакцию 08.11.2025.
Поступила после доработки 20.11.2025.

Многофакторные прогнозно-поисковые модели месторождений золота и серебра Северо-Востока России / Ред. М. М. Константинов, И. С. Розенблюм, М. З. Зиннатулин. Москва: Северо-Восточный геологический комитет. Комитет по геологии и использованию недр Российской Федерации, 1992. 140 с.

Ньюберри Р. Дж., Лейер П. У., Ганз П. Б., Гончаров В. И., Ворошин С. В., Горячев Н. А., Сидоров В. А. Предварительный анализ хронологии мезозойского магматизма, тектоники и оруденения на Северо-Востоке России с учетом датировок $^{40}Ar/^{39}Ar$ и данных по рассеянным элементам изверженных и оруденелых пород // Золотое оруденение и гранитоидный магматизм Северной Пацифики. Т. 1. Геология, геохронология и геохимия. Труды Всероссийского Совещания, Магадан, 4–6 сентября 1997 г. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2000. С. 181–205.

Панычев И. А. Структурная позиция золотого оруденения, пространственно связанного с интрузивными образованиями // Колыма. 1975. № 3. С. 38–40.

Соболев А. П., Колесниченко П. П. Мезозойские гранитоидные комплексы юга Яно-Колымской складчатой области. Москва: Наука, 1979. 180 с.

Тихомиров П. Л., Устинов А. А., Колотыгин Г. С. Состав, U–Pb возраст и особенности петрогенеза позднемезозойских гранитоидов верховьев реки Колыма: целесообразность оптимизации региональных легенд плутонических образований // Тихоокеанская геология. 2025. Т. 44. № 1. С. 3–18.

Шевченко В. М. Интрузивные комплексы верховьев реки Колыма и Примагаданья. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 1996. 95 с.

Akinin V. V., Miller E. L., Toro J., Prokopiev A., Gottlieb E. S., Pearcey S., Polzunenkov G. O., Trunilina V. A. Episodicity and the dance of Late Mesozoic magmatism and deformation along the Northern Circum-Pacific margin: North-Eastern Russia to the Cordillera // Earth-Science Reviews. 2020. Vol. 208. Art. 103272. DOI: 10.1016/j.earscirev.2020.103272.

ON MAGMATISM AT THE VETRENSKY GOLD ORE FIELD, MAGADAN OBLAST

N. A. Goryachev[1], A. V. Alshevsky[1], S. S. Dvurechenskaya[2]

[1] North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute n. a. N. A. Shilo, FEB RAS, Magadan
[2] Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow

The article presents the new characteristic data on magmatism at the Vetrensky gold ore field in the Upper Kolyma basin. The authors give the first information on the composition and elements in impurities, and try to estimate the U–Pb age by the extracted zircons. They also demonstrate features that permit to distinguish the studied magmatic bodies as a special complex of presumably Early Cretaceous age, which is close to that of the gold mineralization.

***Keywords*: diorite and monzonite dykes and massifs, magmatism at the Vetrenskoye gold deposit, rock petrochemistry and geochemistry, Early Cretaceous event dating, Okhotsk-Koryak orogenic belt, North-East of Asia.**

REFERENCES

Akinin, V. V., Miller, E. L., Toro, J., Prokopiev, A. V., Gottlieb, E. S., Pearcey, S., Polzunenkov, G. O., Trunilina, V. A., 2020. Episodicity and the Dance of Late Mesozoic Magmatism and Deformation along the Northern Circum-Pacific Margin: North-Eastern Russia to the Cordillera, *Earth-Science Reviews*. 208, 103272. DOI: 10.1016/j. earscirev.2020.103272.

Bondarenko, N. V., Utenkov, V. A., Pachersky, N. V., Rakov, N. D., 2020. Geologic-Genetic Model of the Vetrensky Ore Deposit Formation, Magadan Oblast, *Otechestvennaya Geologiya*. 2, 17–31 [In Russian].

Federal Geological Map, 2016. Scale 1 : 1 000 000 (3rd Generation). Series Upper-Kolyma, Sheet R-55, Susuman, Explanatory Note. Ed. V. I. Shpikerman. St. Petersburg, VSEGEI [In Russian].

Geodynamics, Magmatism, and Metallogeny in Russia's East, 2006. In 2 books. Ed. A. I. Khanchuk. Vladivostok, Dalnauka [In Russian].

Geological Map of the USSR, 1964. Scale 1 : 200 000. Series Upper-Kolyma, Sheet P-55-XXIV, Explanatory Note by V. D. Volodin and M. D. Elyanov. Moscow, Nedra [In Russian].

Gold Ore Deposits in Russia, 2010. Ed. M. M. Konstantinov. Moscow, Akvarel [In Russian].

Gold Ore Deposits in the USSR, 1988. Vol. 4. Geology of Gold Ore Deposits in the East of the USSR. Ed. V. A. Narseyev. Moscow, TsNIGRI [In Russian].

Goryachev, N. A., Sotskaya, O. T., Goryachev, I. N., Mikhalitsyna, T. I., 2023. Mineralogical-Geochemical Features of Early Cretaceous Gold Mineralization at the Eastern Flank of the Yana-Kolyma Orogenic Belt, Magadan Oblast, Russia, *Russian Journal of Pacific Geology.* 42 (6), 80–95 [In Russian].

Ichetovkin, N. V., 1970. Granitoids of the Detrin-Seymkan Transversal Intrusive Sequence, Southern Part of the Yana-Kolyma Folded Area : Avtoref. Dis. … Kandidata Geol.-Mineral. Nauk. Novosibirsk [In Russian].

Kalinin, A. I., Panychev, I. A., 1974. Geological Structure and Mineralogy of the Vetrensky Gold Ore Deposit, *Materials on Geology and Mineral Resources in the USSR's North-East*. 21, 142–147 [In Russian].

Krutous, M. P., Gelman, M. L., 1971. Metamorphism of Sedimentary and Dyke Rocks in the Vetrensky Gold Ore Zone, *Newsletter on the Results of Topical Works*. Magadan, TsKTE SVGTU [In Russian].

Multifactor Prognostic-Search Models of Gold and Silver Deposits in Russia's North-East, 1992. Eds. M. M. Konstantinov, I. S. Rozenblum, M. Z. Zinnatulin. Moscow, North-East Geological Committee, Russian Federation Kommitte for Geology and Subsurface Use [In Russian].

Newberry, R. J., Layer, P. W., Ganz, P. B., Goncharov, V. I., Voroshin, S. V., Goryachev, N. A., Sidorov, V. A., 2000. Preliminary Analysis of the Mesozoic Magmatism Chronology, Tectonics, and Mineralizaion in Russia's North-East Concerning $^{40}Ar/^{39}Ar$ Dates and the Date on Scattered Elements in Igneous and Ored Rocks, *Gold Mineralization and Granitoid Magmatism in North Pacific.* Vol. 1. Geology, Geochronology, and Geochemistry. Proceedings of All-Russia Session, Magadan, September 4–6, 1997. Magadan, NEISRI FEB RAS, 181–205 [In Russian].

Panychev, I. A., 1975. Structural Position of Gold Mineralization Spatially Associated with Intrusive Formations, *Kolyma*. 3, 38–40 [In Russian].

Shevchenko, V. M., 1996. Intrusive Complexes in the Upper Kolyma and in Primagadanye. Magadan, NESC FEB RAS [In Russian].

Sobolev, A. P., Kolesnichenko, P. P., 1979. Mesozoic Granitoid Complexes in the South of the Yana-Kolyma Folded Area. Moscow, Nauka [In Russian].

Tikhomirov, P. L., Ustinov, A. A., Kolotygin, G. S., 2025. Composition, U–Pb Age, and Petrogenesis Features of Late Mesozoic Granitoids in the Upper Kolyma; Feasibility of Optimizing Regional Legends of Plutonic Formations, *Russian Journal of Pacific Geology*. 44 (1), 3–18 [In Russian].

Voznesensky, S. D., Mannafov, N. G., 1999. Geological Map of the Kolyma-Okhotsk Region, Scale 1 : 500 000. Magadan, NEISRI FEB RAS, Sheet 32 [In Russian].