

ЭКСПЛОЗИВНЫЕ БРЕКЧИИ ВЫСОКОГОРСКОГО ОЛОВО-ПОРФИРОВОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ: ГЕНЕЗИС И РОЛЬ В РУДООБРАЗОВАНИИ (КАВАЛЕРОВСКИЙ  
РУДНЫЙ РАЙОН, ПРИМОРЬЕ)

*В.М. Рябченко<sup>1</sup>, В.Г. Гоневчук<sup>2</sup>, Н.В. Гореликова<sup>3</sup>, Г.А. Гоневчук<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>КГБУ Центр реализации мероприятий по природопользованию и охране окружающей среды, ул. Ленина 41, г. Красноярск, 660049; e-mail: [cannizarit@mail.ru](mailto:cannizarit@mail.ru)

<sup>2</sup>ФГБУН Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, пр-т 100 лет Владивостоку 159, г. Владивосток, 690022; e-mail: [gonevchuk@fegi.ru](mailto:gonevchuk@fegi.ru)

<sup>3</sup>ФГБУН Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Старомонетный пер. 35, г. Москва, 119017; e-mail: [ngor@igem.ru](mailto:ngor@igem.ru)

Поступила в редакцию 6 апреля 2016 г.

На основании детальных геологических наблюдений и аналитических данных обосновано выделение двух групп флюидно-эксплозивных брекчий (ФЭБ) на Высокогорском оловянном месторождении Кавалеровского рудного района. Предполагается их связь с разными этапами геологической (геодинамической) эволюции региона и разная роль в рудообразовании. Ранние брекчии (79–69 млн лет), на которые наложены борный метасоматоз и следующая за ним главная оловянная минерализация, с наибольшей вероятностью представляют меловой субдукционный этап. ФЭБ второй группы (поздние) сингенетичны дайкам дацит (риолит)-порфиров (56–51 млн лет) палеоцен-эоценового (трансформного) этапа. Они образовались после отложения основной массы касситерита, но до наиболее поздней кварц-флюорит-карбонатной стадии рудообразования. По предложенной Р. Силлитоу классификации, eksploзивные брекчии Высокогорского месторождения могут представлять магмато-гидротермальный генетический тип. Важнейшими признаками таких брекчий являются многократность брекчирования и интродуцированность мелкими телами порфировых риолитов.

**Ключевые слова:** брекчия eksploзивная, генезис, модель, рудная минерализация, олово, Кавалеровский рудный район, Приморье, Дальний Восток России.

#### ВВЕДЕНИЕ

Эксплозивные образования (трубо- и дайкообразные брекчии) широко распространены на медно-порфировых, золоторудных, молибденовых, редкометалльных и других типах месторождений, на которых они обычно являются рудоподводящими и рудовмещающими структурами, но нередко бывают и безрудными. На многих месторождениях мира, преимущественно Au-порфировых и Cu-порфировых, они детально исследованы и описаны [9, 11, 19, 25, 30, 32–36]. Менее изучены такие брекчии на оловорудных месторождениях. В качестве примера рассматриваются обычно месторождения Боливийского пояса: Лялягуа, Уануни, Морококала и др. Известны такие брекчии и на оловорудных месторождениях Дальнего Востока России. Наиболее характерный пример –

Хинганское оловорудное месторождение (Еврейская АО), рудная минерализация которого сконцентрирована в трубообразном крутопадающем теле брекчий, прослеженном в раннемеловых риолитах на глубину более 800 м от поверхности [12].

Эксплозивные брекчии, вмещающие тела турмалин-кварцевых метасоматитов с незначительной рудной минерализацией, широко развиты в Комсомольском оловорудном районе (Хабаровский край) [4, 13]. В некоторых из них (месторождение Марсовое, зоны ключа Капрал) установлены промышленные содержания олова.

В Приморском крае eksploзивные брекчии установлены на месторождениях олово-порфирового типа в Дальнегорском [20] и Арминском [21] рудных районах. В Кавалеровском оловорудном районе eksploзив-

ные брекчии выявлены на Высокогорском, Арсеньевском и Дубровском месторождениях [2]. При этом на Арсеньевском и Дубровском месторождениях тела брекчий имеют трубообразную форму и практически не минерализованы, в то время как на Высокогорском преобладают брекчии дайкообразные с промышленной оловянной минерализацией.

Механизмы формирования таких структур многообразны, и определение их в каждом конкретном случае требует детальных исследований, в том числе, геологических наблюдений. Этот аспект был основным в нашем исследовании генезиса брекчий Высокогорского месторождения.

#### КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Высокогорское оловорудное месторождение описано в многочисленных публикациях по Кавалеровскому рудному району [2, 10, 15, 17, 28]. Расположенное на стыке Кавалеровского оловорудного и Дальнегорского полиметалльного районов, месторождение локализовано в южной части Высокогорско-Нежданкинского горста, сложенного позднеюрскими кремнисто-терригенными породами Таухинского террейна – фрагмента неокотской аккреционной призмы [3]. С востока, запада и юга горст ограничен, соответственно, Кисинским, Суворовским, Дорожным разломами и Кисинской, Якутинской и Южно-Якутинской вулкано-тектоническими структурами позднемелового возраста. Складчатые структуры, имеющие в пределах горста субмеридиональное (северо-восточное) простирание, в рудном поле Высокогорского месторождения резко меняют простирание на субширотное, образуя флексуобразный изгиб. В геологическом строении месторождения принимают участие триасово-юрские кремнисто-терригенные комплексы Горбушинского субтеррейна – разнородные песчаники с прослоями алевролитов и алевропесчаников и кремнистые породы (рис. 1).

Ассоциация магматических пород, несмотря на продолжительную историю исследования месторождения, изучена недостаточно. Наиболее полная ее характеристика приведена в публикациях Р.Ф. Литавриной, В.И. Косенко [14] и А.М. Кокорина с соавторами [10]. По данным этих авторов, формирование магматических пород месторождения охватывает период от 105 до 40 млн лет назад, что предполагает присутствие среди них образований альб-туронского, сенонского и палеогенового этапов магматизма, проявившихся в Кавалеровском районе [5, 16] и, по представлениям А.И. Ханчука [29], связанных с разными геодинамическими этапами в эволюции региона. По

соотношению с оловорудными образованиями среди представленных на месторождении магматитов выделяются до-, син- и пострудные.

К дорудным большинство исследователей относят гранодиорит-порфиры, слагающие шток в северо-западной части рудного поля месторождения (далее по тексту гранодиорит-порфиры I) и гранит-порфиры (порфиновые риолиты), встреченные в виде обломков в взрывных брекчиях.

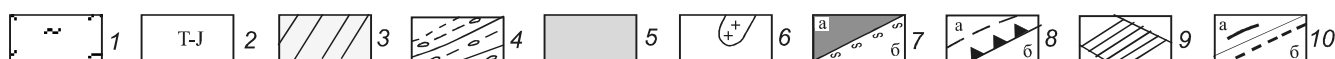
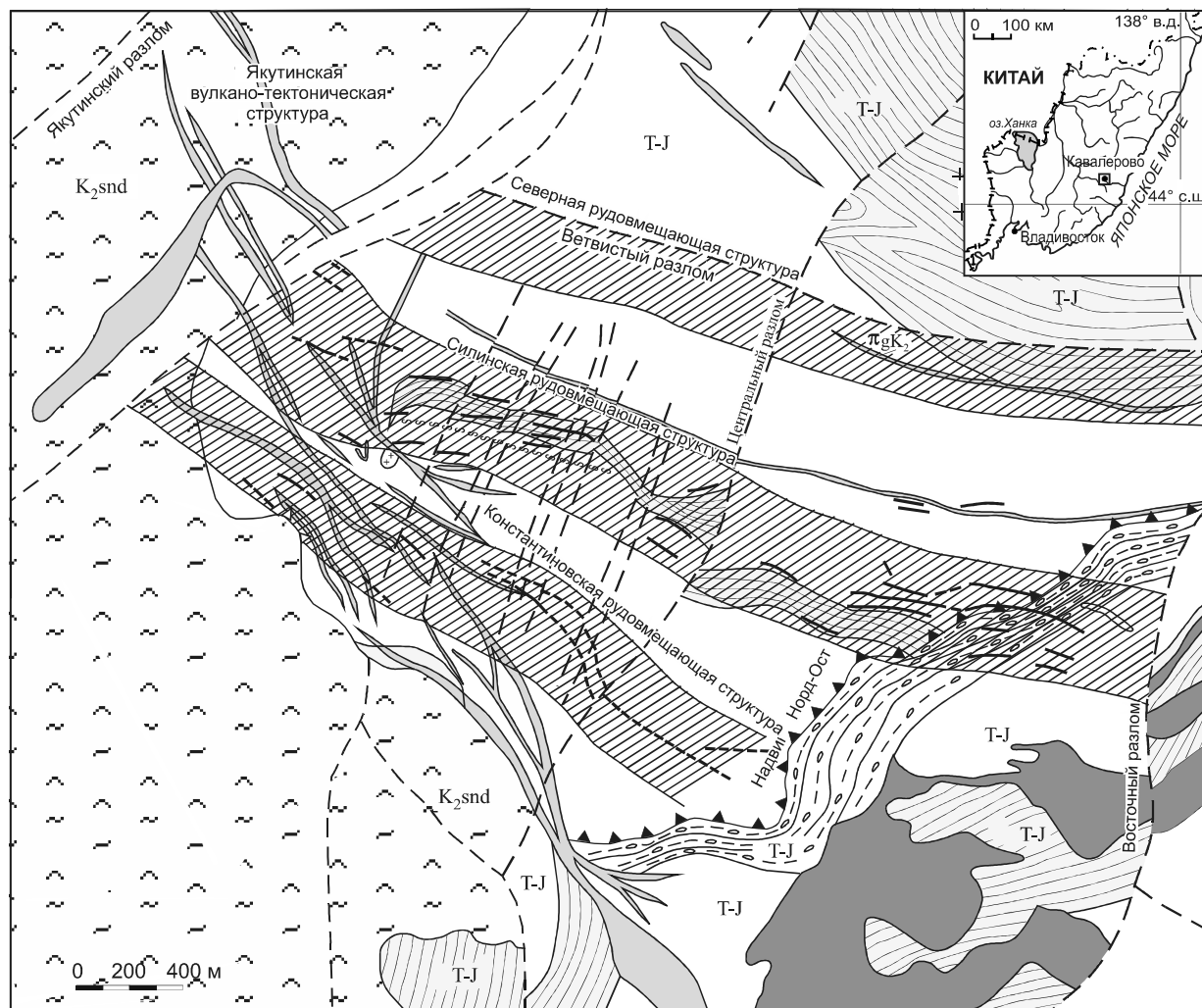
В группе синрудных магматитов, объединяющей дайки среднего и кислого состава, наиболее важным является выделение гранодиорит-порфиров, образующих инъекции в телах взрывных брекчий (далее по тексту гранодиорит-порфиры II или «инъекционные»). Место инъекционных гранодиорит-порфиров в эволюции рудно-магматической системы месторождения к настоящему времени относительно слабо обосновано, что предопределило особое внимание к ним в нашем исследовании.

Пострудными, по отношению к оловянной минерализации, являются дайки диабазов и плагиориолитов. Результаты химического анализа дорудных и синрудных гранитоидов Высокогорского месторождения приведены в таблицах 1 и 2.

Исследованные образцы существенно изменены постмагматическими процессами, что накладывает определенные ограничения на интерпретацию результата. Тем не менее, очевидны существенные различия гранодиорит-порфиров I и II по суммарному содержанию щелочей, соотношению в них оксидов калия и натрия, что свидетельствует об их генетической самостоятельности и разной роли в формировании месторождения. По данным Г.И. Туговика [25], при формировании флюидно-взрывных сооружений, связанных с основной и кислой магмой, отмечается однотипный привнос летучих F, H<sub>2</sub>, S и из щелочей – K, что характерно для гранодиорит-порфиров II, наиболее близких по возрасту ко времени формирования ранних взрывных брекчий.

Рудная минерализация Высокогорского месторождения приурочена к двум рудовмещающим структурам: Силинской субширотной и Константиновской северо-западного простирания. Рудные тела представлены жилами, минерализованными дайкообразными взрывными брекчиями и небольшими штокверками в турмалинизированных песчаниках. Протяженность рудных жил, вмещающих основную оловянную минерализацию месторождения, изменяется от первых десятков метров до 700 м по простиранию и от десятков до первых сотен метров – по падению.

В строении рудных тел принимают участие: кварц-турмалиновая, кварц-касситеритовая, кварц-



**Рис. 1.** Схематическая геологическая карта (план поверхности) Высокогорского месторождения (по [10] с незначительными изменениями).

1 – пепловые туфы, туфобрекчи, туфолавы, игнимбриты риолитов, риодацитов, дацитов и туфопесчаники; 2 – терригенные породы; 3 – кремни и кремнисто-глинистые сланцы; 4 – алевролиты с линзами и слоями песчаников, брекчий, спилитов, кремней; 5 – дайки разного состава; 6 – шток гранодиорит-порфиров; 7 – спилиты (а) и дайки диабазов (б); 8 – тектонические нарушения: а – зоны разломов, б – надвиги; 9 – основные (главные) рудовмещающие структуры; 10 – рудные тела: а – достигающие дневной поверхности, б – скрытые на глубине.

хлорит-касситеритовая, касситерит-сульфидная, хлорит-сульфидная и кварц-флюорит-карбонатная минеральные ассоциации. Самостоятельное значение имеет кварц-молибденитовая ассоциация прожилкового типа в небольших по размерам штоках в березитизированных песчаниках в экзоконтакте штока гранодиорит-порфиров. Близкая по типу минерализация установлена также в обломках гранит-порфиров в ранних эксплозивных брекчиях.

### ЭКСПЛОЗИВНЫЕ БРЕКЧИИ: ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И МЕСТО В РУДООБРАЗОВАНИИ

Широкое распространение дайкообразных брекчий – одна из особенностей Высокогорского месторождения. Такие брекчи наиболее часто встречаются в пределах Константиновской рудоносной структуры месторождения, где по времени проявления подразделяются на ранние (дорудные) и поздние (вну-

Таблица 1. Химический состав гранодиорит-порфиров Высокогорского месторождения.

№№проб Оксиды	3501	3056	3311	2451	ВМ-1	6636	6637	6638	ВМ-7
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO <sub>2</sub>	67.77	67.65	67.90	65.32	67.06	65.91	64.26	65.97	64.48
TiO <sub>2</sub>	0.59	1.01	0.70	0.65	0.74	0.57	0.55	0.59	0.44
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.2	14.5	15.92	16.54	15.04	15.73	15.02	16.21	15.1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.04	0.85	0.48	5.12*	1.87	6.28*	5.88*	5.23*	1.53
FeO	4.24	4.63	5.24		4.36				3.51
MnO	0.11	0.17	0.18	0.10	0.14	0.12	0.11	0.11	0.28
MgO	1.32	1.57	1.42	1.70	1.50	1.06	0.83	0.87	1.31
CaO	1.82	3.52	2.70	2.80	2.71	0.46	1.76	0.87	3.28
K <sub>2</sub> O	3.18	2.86	3.90	3.80	3.43	6.76	6.49	6.63	4.87
Na <sub>2</sub> O	2.36	1.92	1.13	3.10	2.13	0.30	1.85	0.30	2.55
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.11	0.19	0.17	0.14		0.12	0.1	0.12	
H <sub>2</sub> O	0.22	0.24	0.28		1.98				1.58
п.п.п.	2.42	1.61	1.30	1.55		2.31	2.61	2.68	
Сумма	98.38	100.72	101.35	99.82	100.96	99.60	99.46	98.71	98.93

Примечание. 1–3 – измененные гранодиорит-порфиры штока; 4 – неизменный гранодиорит-порфир штока; 5 – средний состав гранодиорит-порфиров штока, 6–8 – инъекционные гранодиорит-порфиры из зоны Главной, 9 – экструзивные гранодиорит-порфиры южного обрамления. \* – Железо суммарное в закисной форме. Пропуск в таблицах – отсутствие данных. Анализы 1–5, выполнены в Кавалеровской экспедиции Приморского геологического управления. Аналитик О.Н. Пахомова. Анализ 9 выполнен в лаборатории химии ДВГИ ДВНЦ АН СССР. Аналитик Г.И. Макаров. Анализы 6–8 выполнены в центральной химической лаборатории ПО Приморгеология. Аналитик Е.В. Чулков.

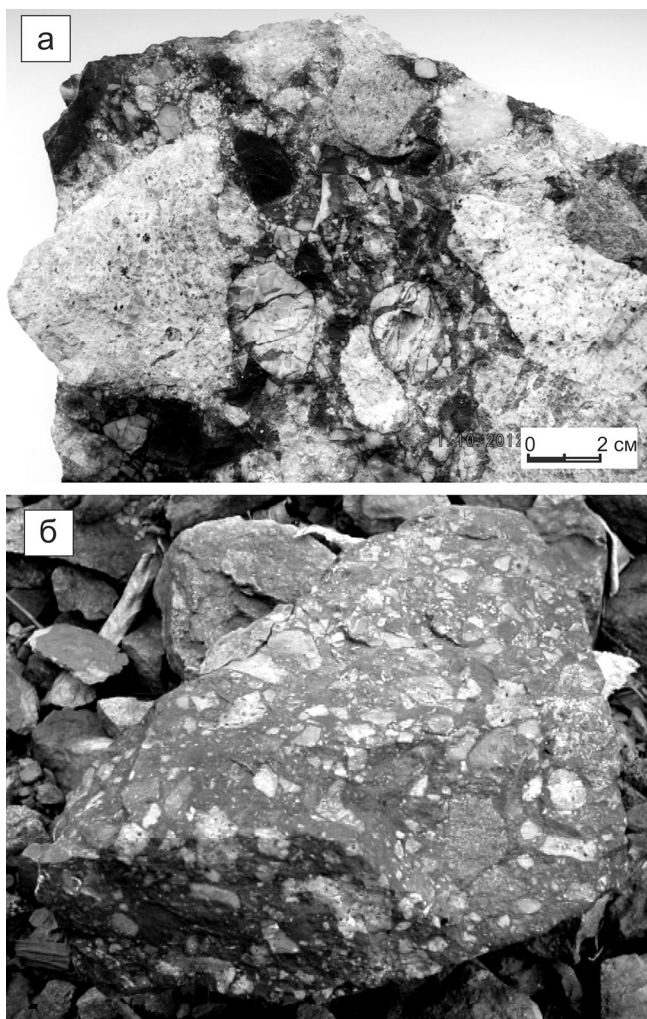
Таблица 2. Химический состав гранитов (гранит-порфиров) Высокогорского месторождения и близких им пород оловоносных магматических комплексов Кавалеровского рудного района.

№№проб Оксиды	ВМ-5	ВМ-6	6635	ВМ-8	Среднее	Среднее
	1	2	3	4	5	6
SiO <sub>2</sub>	67.77	67.65	65.32	67.90	65.07	67.06
TiO <sub>2</sub>	0.59	1.01	0.65	0.70	0.60	0.74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.2	14.5	16.54	15.92	15.27	15.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.04	0.85	5.12*	0.48	1.57	1.87
FeO	4.24	4.63		5.24	3.86	4.36
MnO	0.11	0.17	0.10	0.18	0.10	0.14
MgO	1.32	1.57	1.70	1.42	1.74	1.50
CaO	1.82	3.52	2.80	2.70	2.57	2.71
K <sub>2</sub> O	3.18	2.86	3.80	3.90	5.19	3.43
Na <sub>2</sub> O	2.36	1.92	3.10	1.13	3.12	2.13
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.11	0.19	0.14	0.17	0.21	
H <sub>2</sub> O	0.22	0.24		0.28	1.58	1.98
п.п.п.	2.42	1.61	1.55	1.30		
Сумма	98.38	100.72	99.82	101.35	98.93	100.96

Примечание. 1 – граниты из ксенолитов в дайке диабазовых порфиритов; 2 – ультракалиевые риолиты (гранит-порфиры) дайки, 3 – обломки гранит-порфиров из ранней эксплозивной брекчии зоны Главной, 4 – экструзивные гранит-порфиры южного обрамления; 5, 6 – приведены для сравнения: 5 – граносиениты (березовско-араратский комплекс), 6 – граниты (новогорский комплекс). \* – Железо суммарное в закисной форме. Анализы 1, 2, 4, выполнены в лаборатории химии ДВГИ ДВНЦ АН СССР. Аналитик Г.И. Макаров. Анализ 3 выполнен в центральной химической лаборатории ПО Приморгеология. Аналитик Е.В. Чулков.

триминерализационные) (рис. 2 а, б). Природа их изучена недостаточно. Однако по основным признакам: полимиктовый состав обломочного материала с присутствием в нем пород, не известных в разрезе вмещающей месторождение терригенной толщи, хаотическое перемешивание обломков при отсутствии

следов тектонического воздействия, присутствие синхронных брекчированию магматических пород и др., большинство исследователей признает их образованиями флюидно-эксплозивными. Состав и структуры изученных брекчий, особенности флюидных включений во вкрапленниках кварца [1] позволяют



**Рис. 2.** Эксплозивные брекчии Высокогорского месторождения.

а – ранняя эксплозивная брекчия с крупными обломками окварцованных, содержащих касситерит гранит-порфиров (светлое), окатанных кремней и пр. В цементе и темных прожилках – турмалин; б – поздняя эксплозивная брекчия. Обломки округлой формы цементируются перетертым до глинистого состояния материалом.

рассматривать их как результат ретроградного вскипания и последующей декомпрессии поднимающихся из магматической камеры ранних магматических флюидов [33, 34]. При этом магматические породы, которые являются обязательным элементом брекчий такого типа, здесь не цементируют обломочный материал брекчий, а проявлены в виде инъекций различной формы. С глубиной объем инъекций возрастает, и в корневых частях эксплозивные брекчии, вероятнее всего, переходят в дайки, сложенные гранодиорит (гранит)-порфирами.

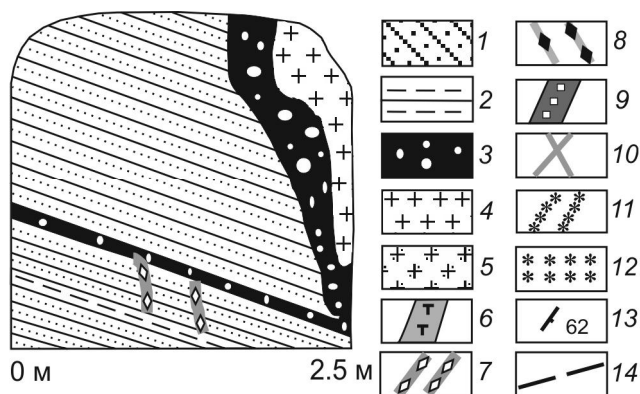
Ранние эксплозивные брекчии выполняют малоамплитудные кулисообразные трещины скола (на-

блюдаемые смещения составляют первые десятки сантиметров). На участках их изгибов (в плане) характерно появление лучевых апофиз незначительной протяженности. В разрезе кулисообразное строение дайкообразных брекчий выражено в изменении азимута падения с юго-западного на северо-восточное на коротких участках, где происходило соединение двух самостоятельных кулис.

Для ранних эксплозивных брекчий Константиновской рудоносной структуры (зоны Главная, Туманная, Рябининская, Эксплозивная, Томская) характерна значительная протяженность по простиранию (от 100 до 1000 м) и по падению (сотни метров), наличие дуговых (реже лучевых) апофиз, резкая изменчивость элементов залегания. Простирание эксплозивных брекчий юго-восточное ( $130\text{--}150^\circ$ ), падение на юго-запад – юго-восток под углом  $70\text{--}85^\circ$ . Мощность варьирует от первых сантиметров до 6 м (средняя – 1.8 м), контакты с вмещающими породами четкие, тектонические. Иногда на плоскостях трещин, вмещающих брекчии, отмечаются штрихи и зеркала скольжения, но значительных перемещений вдоль трещин не наблюдается.

Дайкообразные тела ранних эксплозивных брекчий сложены перемещенными и перемешанными обломками различных пород: разнозернистых, часто турмалинизированных и березитизированных, песчаников, алевролитов, кремнистых сланцев, кварцевых роговиков, реже гранит-порфиров, сцементированных кварц-турмалиновым агрегатом, который замещает первичную тонкообломочную цементирующую массу. Форма обломков угловатая, нередко округлая, до шаровидной (рис. 2 а). Преобладают обломки размером 1–3 см, но иногда их размер достигает 0.5–0.8 м. Количество обломочного и цементирующего материала варьирует в широком диапазоне, но в целом обломочный материал преобладает. Обломочный материал брекчий поступал снизу вверх. Об этом свидетельствует наличие обломков не вскрытых на площади месторождения гранит-порфиров, а также ранних кварц-турмалиновых метасоматитов с прожилками кварц-молибденитового состава. Такие образования, встреченные в эксплозивных брекчиях на глубине 140–160 м от поверхности, в коренном залегании проявлены только на глубоких (не менее 300 м) горизонтах месторождения. На расстоянии 150–200 м выше горизонта кремнистых сланцев отмечается присутствие в брекчиях их обломков. Округлая до шаровидной форма обломков свидетельствует о длительности процесса флюидизации, в котором переносимые газовыми потоками мелкие частицы корродировали обломки пород.

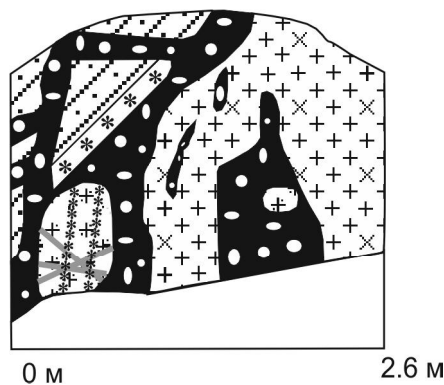
Обломочный материал перемещался по трещинным каналам потоками газов, находящихся под силь-



**Рис. 3.** Ранняя взрывная брекчия с послойной апофизой и крупным обломком гранодиорит-порфира.

Здесь и на рис. 3–10: 1 – песчаники; 2 – алевролиты; 3 – ранняя взрывная брекчия; 4 – гранодиорит-порфиры; 5 – гранит-порфиры; 6 – дайки диабазовых порфиритов; 7 – прожилки кварц-касситерит-халькопиритового состава; 8 – кварц-касситеритовые прожилки; 9 – кварц-молибденитовый прожилок; 10 – прожилки кварца; 11 – прожилки кварц-турмалиновые; 12 – кварц-турмалиновые метасоматиты; 13 – элементы залегания; 14 – тектонические трещины.

ным давлением. На это указывает проникновение обломочного материала брекчий вдоль контакта между маломощными пологозалегающими прослоями алевролитов и песчаниками и по слоистости (рис. 3). Такое давление наиболее вероятно для «глубинного флюида». О глубинности газовых потоков, участвующих в процессе флюидизации, можно судить по присутствию в цементе брекчий зоны Главной сферул (шаровидных выделений) титаномагнетита, в ассоциации с графитом и шунгитом, претерпевшего разложение на магнетит и ульвошпинель. В одном из срезов в титаномагнетитовом шарике встречено округлое выделение самородного железа [24], что, по мнению авторов, указывает на участие в формировании брекчий глубинных, существенно углеводородных (восстановительных) флюидов. В цитируемой статье ошибочно указано, что данная минеральная ассоциация обнаружена в ксенолитах. На самом деле сферулы обнаружены не в ксенолитах, а в мелкообломочной цементирующей массе взрывной брекчий. Е.С. Сандиминова, изучавшая сферические минеральные образования вулканических пород Курильских островов и Камчатки [22], считает, что сферулы образуются во флюидно-магматических системах на протяжении всего магматического процесса в результате быстро протекающих газотранспортных реакций с участием восстановленных флюидов. Наиболее благоприятная обстановка для их образования создается при вскипании и дегазации магматического расплава и во время взрывных выбросов, сопро-



**Рис. 4.** Взрывная брекчия сложной формы с обломками гранит-порфира и инъекцией гранодиорит-порфира. Условные обозначения см. на рис. 3.

вождающихся взрывными явлениями и процессами плавления.

Детальное исследование микросферических образований в породах Якутинской вулканотектонической структуры, прилегающей с северо-запада к площади Высокогорского месторождения, выполнено А.В. Гребенниковым [8]. Автор его пришел к выводу о кристаллизации сферул при крайне низкой активности кислорода как непосредственно из магматического расплава, так и в потоке газонасыщенных флюидов. Последнее, вероятно, объясняет появление таких образований в взрывных брекчиях Высокогорского месторождения, которые аналогичны по возрасту породам сияновского (андезиты – риодациты; маастрихт) и богопольского (риолиты и риодациты; эоцен–даний) комплексов Якутинской структуры. По всей видимости, образование сферул связано не только с взрывной деятельностью вулканов, но и с взрывными процессами в трещинных структурах, не достигших земной поверхности.

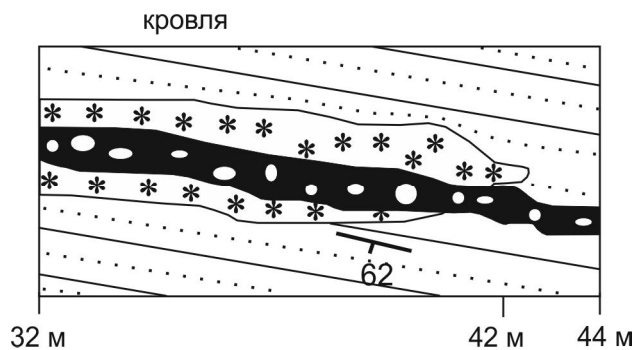
Нередко в взрывных брекчиях наблюдаются обломки ранних кварц-турмалиновых метасоматитов по песчаникам и гранит-порфирам, рассеченных сетью прожилков кварца с молибденитом (рис. 4). Увеличение количества обломков гранит-порфира с прожилковой кварц-молибденитовой минерализацией в взрывных брекчиях отмечается в восточном направлении и характерно для глубоких горизонтов месторождения (абсолютные отметки 125–175 м). На горизонте 125 м в взрывной брекчии (зона Главная) был встречен округлой формы обломок (20×40 см) кварцевой жилы с вкрапленностью молибденита.

На верхних горизонтах месторождения в взрывных брекчиях изредка встречаются обломки (10×20 см, 80×100 см) гранит-порфира, полностью замещенных кварц-хлорит-серицитовым агрегатом

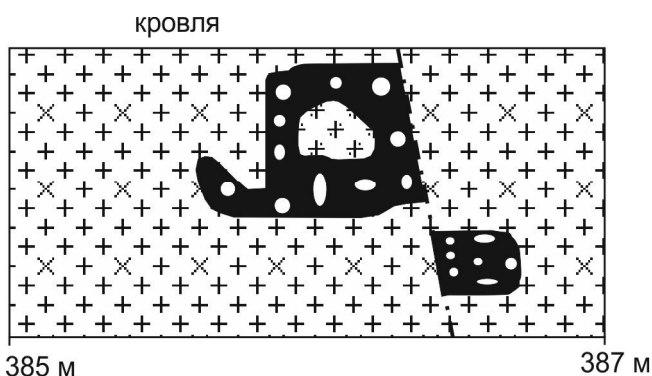
(хорошо сохранились лишь крупные порфировые вкрапленники кварца), с густой вкрапленностью мелких зерен касситерита. Аналогичная ассоциация отмечается также в обломках кварцевых роговиков, что, скорее всего, свидетельствует о наложении ее на обломки указанных пород. На основании этих данных некоторые исследователи [27] предполагали присутствие на глубоких горизонтах месторождения гранитных тел и связанных с ними оловоносных грейзенов.

В ранних дайкообразных eksploзивных брекчиях широко проявлен сопутствующий их образованию борный метасоматоз, в результате которого цементирующая масса и, в меньшей мере, обломочный материал были подвержены кварц-турмалиновому замещению. Кварц-турмалиновые метасоматиты развиваются в основном по цементу брекчий. Обломки кварцевых роговиков, кварц-серицитовых метасоматитов по песчаникам, кремнистых сланцев и гранит-порфиров не затрагиваются борным метасоматозом. Вмещающие породы на контакте с eksploзивными брекчиями также турмалинизированы. В зависимости от состава вмещающих пород мощность зон турмалинизации изменяется от первых десятков сантиметров до 1.5 м (в песчаниках), до практически полного отсутствия (в кремнистых сланцах и алевролитах). Очень редко встречаются участки, на которых турмалинизирована только eksploзивная брекчия, а вмещающие песчаники не турмалинизованы. На некоторых участках турмалинизация (перекристаллизация и переотложение), несомненно, наложена на eksploзивные брекчии и развивалась по сети мелких тектонических трещин, образующих линейные зоны, выходящие во вмещающие породы (рис. 5).

На заключительном этапе формирования ранних eksploзивных брекчий (после процесса флюидизации и борного метасоматоза) происходило внедрение в трещинные структуры, заполненные брекчией, «инъекционных» гранодиорит-порфиров. Такие гранодиорит-порфиры в брекчиях появляются на глубине 200–220 м от поверхности, и далее с глубиной происходит увеличение их объема. При этом «инъекции» не цементируют обломочный материал брекчий, а образуют в них самостоятельные тела неправильной и, значительно реже, линзовидной формы. Для тел линзовидной формы характерна отчетливо выраженная зона закалки мощностью 3–5 см и флюидальная текстура. Размеры порфировых вкрапленников кварца в зоне закалки «инъекций» значительно меньше, чем у вкрапленников, расположенных в центральной их части. Гранодиорит-порфиры часто содержат ксенолиты eksploзивной брекчии; реже в них встречаются



**Рис. 5.** Эксплозивная брекчия с наложенной турмалинизацией. В интервале 42–44 м брекчия не турмалинизирована. Условные обозначения см. на рис. 3.



**Рис. 6.** Инъекция гранодиорит-порфиров содержит ксенолит eksploзивной брекчии с крупными обломками гранит-порфиров. Фрагмент зоны Главной. Условные обозначения см. на рис. 3.

включения обломков пород, слагающих eksploзивные брекчии, в том числе и обломков округлой формы (рис. 6). Все это подтверждает, что внедрение гранодиорит-порфиров II происходило позднее процесса флюидизации и формирования ранних брекчий. О парагенетических связях ранних eksploзивных брекчий и инъекционных гранодиорит-порфиров может свидетельствовать распространение последних только в пределах контура eksploзивных брекчий, а также отсутствие пересечений их брекчиями, указывающее на прекращение или значительное ослабление деятельности источника газовых флюидов после кристаллизации гранодиорит-порфиров II.

Борный метасоматоз в ранних eksploзивных брекчиях проявился до внедрения в них гранодиорит-порфиров II. В пользу этого утверждения говорят следующие факты: ксенолиты eksploзивной брекчии в гранодиорит-порфирах II турмалинизированы, в то время как сами они турмалинизацией не затронуты; в гранодиорит-порфирах II проявлен только поздний, переотложенный в рыхлых тонкоигольчатых скопле-

ниях, турмалин грязно-зеленого и голубого цвета. В то же время, обломки гранит-порфиров в эксплозивных брекчиях рассеяны кварц-турмалиновыми прожилками с ранним черным турмалином.

Оловянная – кварц-касситеритовая – минерализация в эксплозивных брекчиях сформировалась после внедрения и кристаллизации гранодиорит-порфиров II и новых тектонических подвижек, способствовавших появлению мелких тектонических трещин в дайкообразных эксплозивных брекчиях и в приконтактных участках вмещающих пород. Минерализация распространялась вдоль таких трещин, образуя в редких случаях штокверки. В частности, к экзоконтактам дайкообразной эксплозивной брекчии приурочен штокверк зоны Туманной (протяженность по простиранию 50 м, по падению – 30 м, мощность от 7.5 до 18.0 м.), представленный кварц-турмалиновыми метасоматитами по песчаникам с наложенной прожилково-вкрапленной касситерит-кварцевой минерализацией. Кварц-касситеритовые прожилки, секущие брекчию, пересекают обломки ранних турмалинитов по песчаникам с наложенной прожилковой кварц-молибденитовой минерализацией, развитых в экзоконтакте штока гранодиорит-порфиров I, и инъецированные в нее гранодиорит-порфиры II (рис. 7, 8).

Отлагавшийся в эту же стадию метасоматический касситерит образует крупные гнезда в цементе брекчий, а также замещает обломочный материал. Наиболее благоприятными для замещения оказались обломки кварцевых роговиков, имеющие ноздреватую текстуру. Касситерит в них отлагался по краям пустот, а также на контактах обломков с цементом брекчии, образуя иногда кокардовую текстуру руд (рис. 9). Совместно с касситеритом в пустотках встречаются кварц, хлорит, серицит и почти бесцветный переотложенный войлоковидный турмалин. Тонкую вкрапленность касситерита содержат также обломки интенсивно окварцованных, хлоритизированных и серицитизированных гранит-порфиров.

Процесс рудоотложения сопровождался перекристаллизацией турмалина: черный турмалин замещался бурым, зеленым и синим. Происходила также кристаллизация игольчатого светло-серого турмалина и замещение раннего турмалина хлорит-серицитовым агрегатом. Под микроскопом отчетливо наблюдаются включения зерен турмалина в кварце и касситерите.

Промышленное оловянное оруденение в эксплозивных брекчиях распределено крайне неравномерно с чередованием богатых руд и практически безрудных участков. Основное оруденение сосредоточено в рудных столбах, протяженность которых составляет по простиранию 50–130 м, по падению – 30–80 м. Руды

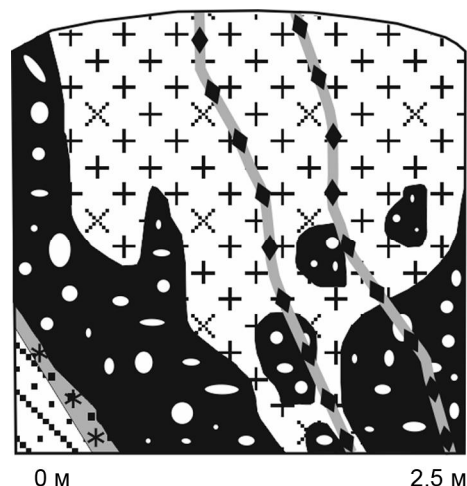


Рис. 7. Эксплозивная брекчия и инъекционные гранодиорит-порфиры пересечены кварц-касситеритовыми прожилками.

Условные обозначения см. на рис. 3.

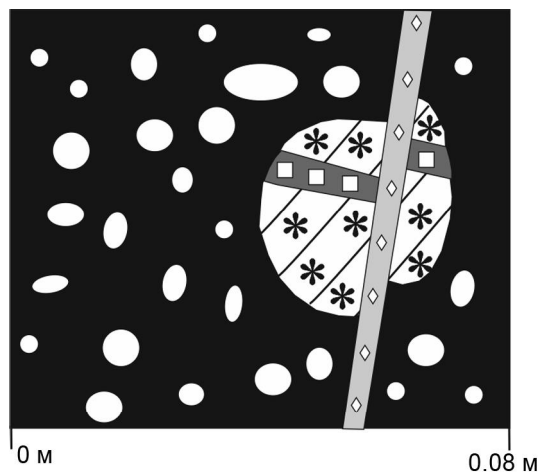


Рис. 8. Обломок турмалинизированного песчаника с кварц-молибденитовым прожилком пересечен со смещением прожилком кварца с касситеритом. Фрагмент зоны Туманной.

Условные обозначения см. на рис. 3.



Рис. 9. Минерализация ранней брекчии: касситерит слагает гнезда в цементе, а также замещает обломочный материал, образуя кокардовую текстуру руд.



богатые (содержание олова более 1 %), с весьма низким содержанием сульфидов (менее 1 %), представленных в основном пиритом. Для рудных столбов характерно северо-западное склонение в сторону штока гранодиорит-порфиров. Промышленная оловянная минерализация начинается на глубине 120 м и затухает на глубине 290 м от поверхности (между 5 и 6 горизонтами месторождения).

Результаты изотопно-геохронологического исследования, проведенного в лаборатории абсолютного возраста ИГЕМ АН СССР в 1986 г. калий-аргоновым методом по серициту из руд зоны Главной, датируют возраст оловянного оруденения как поздний мел (маастрихтский ярус)–палеоцен (табл. 3).

Датировка этим же методом по валу гранодиорит-порфиров, слагающих шток ( $61 \pm 4$  млн лет), примерно сопоставима с возрастом оловянного оруденения в eksploзивных брекчиях. Вероятно, она отражает не время образования ранних гранодиорит-порфиров, а время их постмагматических изменений.

Полученная нами наиболее древняя К-Аг датировка по мусковиту из «поздних инъекционных» гранодиорит-порфиров (гранодиорит-порфиров II) –  $79.5 \pm 2.5$  млн лет – также может рассматриваться лишь как наиболее близкая из имеющихся к возрасту интрузии. Необходимо отметить, что среди приведенных В.К. Финашиным 50 определений возраста «оловянного оруденения Кавалеровского рудного района» только 5 выполнены по серициту и два – по обогащенной серицитом фракции. Из них три фиксируют возраст в интервале 82–78 млн лет и два – 60 и 59 млн лет [26].

Ранние eksploзивные брекчии пересекаются внутриминерализационными дайками дацит-порфиров, роговообманковых и диабазовых порфиров (рис. 10).

Кроме ранних eksploзивных брекчий с оловянной минерализацией, на Высокогорском месторожде-

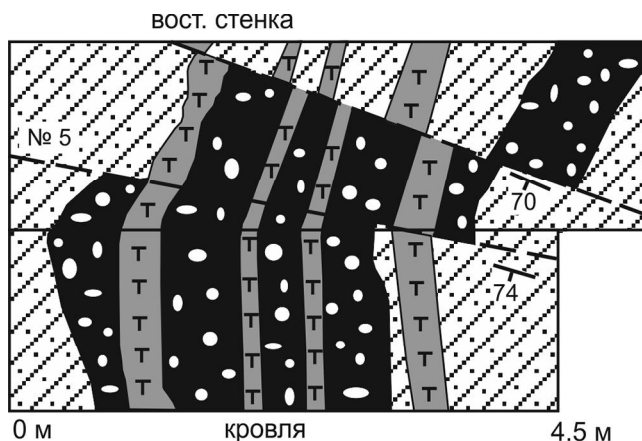


Рис. 10. Эксплозивная брекчия пересечена дайками диабазовых порфиров.

Условные обозначения см. на рис. 3.

нии в пределах Константиновской рудоносной структуры выявлена аналогичная брекчия с минерализацией висмута. Тело брекчии мощностью 0.2–2.0 м ветвящейся формы, вскрыто и прослежено по простиранию на 10 м в кремнистых сланцах на глубине 200 м от поверхности. Слагающие брекчию обломки серицитизированных, реже окварцованных и турмалинизированных песчаников, кремнистых сланцев сцементированы турмалинизированным, тонкоперетертым коричневым материалом. В брекчии развиты гнезда и просечки висмутина, в меньшей степени халькопирита и арсенопирита. Висмутин присутствует в обломках и цементирующей массе (в значительно меньшем количестве) а также в тонких трещинках, пересекающих брекчию. Максимальное содержание висмута – 0.52 %. Висячем боку брекчии по простиранию прослеживалась, а по падению обрезалась зона прожилковой минерализации кварцевого состава с вкрапленностью и гнездами халькопирита, арсенопирита, висмутина (массивной текстуры и волосовидного) и пирита. Центральная часть отдельных прожилков выполнена кварц-турмалиновым агрегатом черного цвета. Описанные взаимоотношения свидетельствуют о более позднем образовании eksploзивной брекчии по отношению к зоне прожилковой минерализации. На это же указывает присутствие среди обломков фрагментов кварц-висмутиновых прожилков.

На удалении 220 м к югу от вышеописанной eksploзивной брекчии в лежащем боку зоны Эксплозивной (дуговая апофиза з. Главной) также прослеживались прожилки кварц-висмутинового состава, которые обрезались ранней eksploзивной брекчией. Можно предположить, что по времени проявления кварц-висмутиновая минерализация близка к кварц-

Таблица 3. Возраст промышленного оловянного оруденения в ранних eksploзивных брекчиях по данным изотопной (К-Аг) хронологии.

№ лаб.	Минерал	Возраст, млн лет
10996	Серицит	$59 \pm 4$
10997	Серицит	$62 \pm 5$
10998	Серицит	$72 \pm 4$

Примечание. 10996, 10997 – серицит из касситерит-кварц-хлоритового агрегата. Зона Главная (4 гор.). 10998 – серицит из касситерит-кварц-хлоритового агрегата. Зона Главная (5 гор.). Анализы выполнены в лаборатории абсолютного возраста ИГЕМ АН СССР.

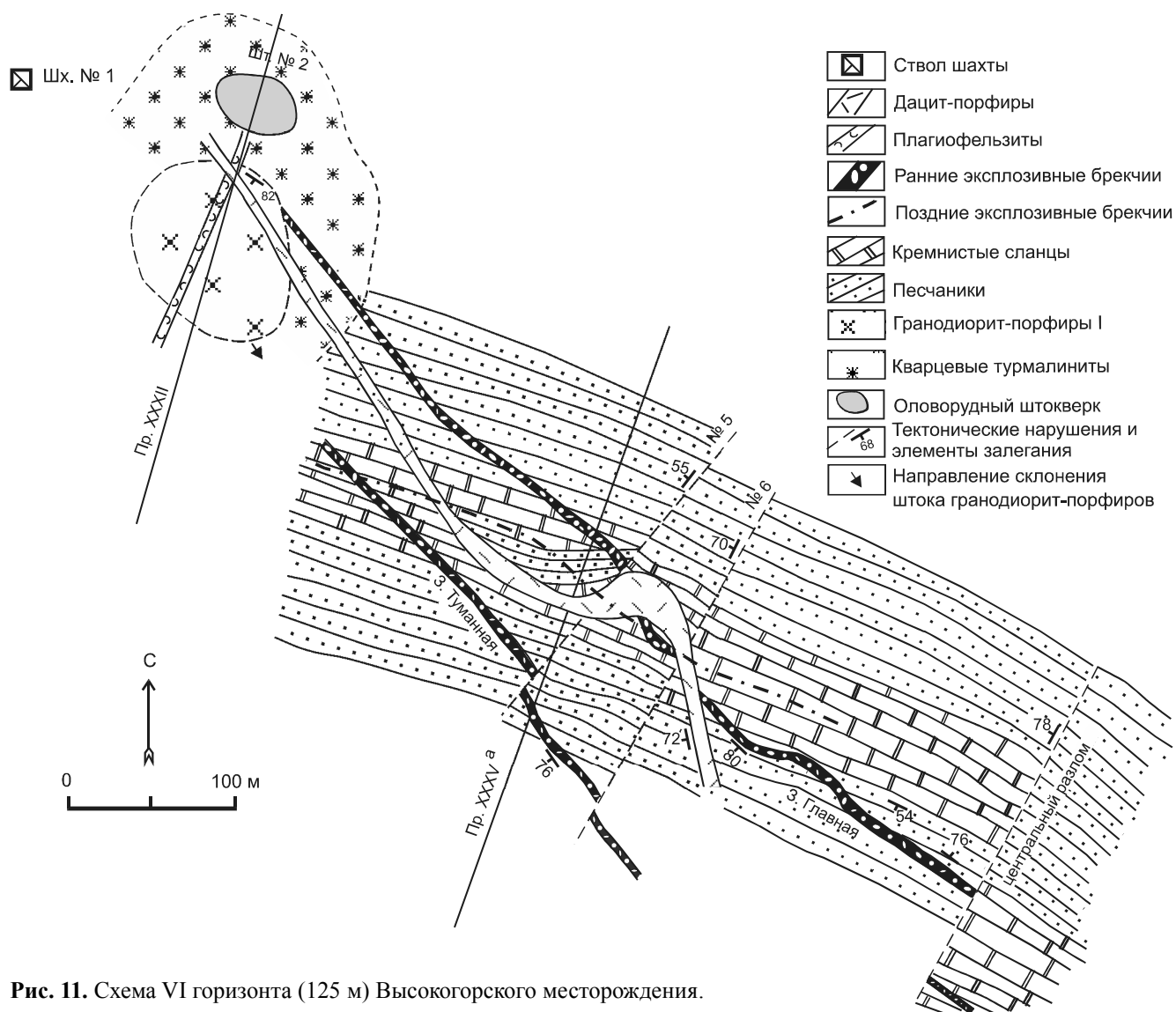


Рис. 11. Схема VI горизонта (125 м) Высокогорского месторождения.

молибденитовой и является более ранней по отношению к минерализации кварц-касситеритовой.

На глубине 300 м от поверхности (6 горизонт месторождения) основные рудные тела Константиновской рудоносной структуры (зоны Главная и Туманная) четко ориентированы по направлению к штоку гранодиорит-порфиров I и, вероятно, расположены над гребневидным выступом трещинной интрузии гранодиорит-порфиров II (рис. 11). Непосредственно в штоке на глубине 400 м от поверхности скважиной была вскрыта взрывная брекчия мощностью 1.2 м и ее апофиза. Краевые части брекчии (мощность около 0.2 м) сложены мелкообломочным материалом, цементированным кварц-турмалиновым агрегатом, а центральная часть – гранодиорит-порфирами II. В структурном плане эта взрывная брекчия, секущая шток гранодиорит-порфиров, вполне увязывается с зоной

Главной, прослеженной горными выработками. К западу от штока ранние взрывные брекчии не встречаются, т.е. они распространяются от штока гранодиорит-порфиров в направлении его склонения, что может быть свидетельством их парагенетической связи.

Во временном промежутке между гранодиорит-порфирами I и II образовались гранит-порфиры (и граниты?). Вполне возможно, что гранит-порфиры парагенны гранодиорит-порфирам I и вместе с ними являются продуктами дифференциации гранитоидной магмы в промежуточном магматическом очаге. С продуктами завершающей фазы дифференциации гранитной магмы, начальный этап которой сопровождался кислотным выщелачиванием вмещающих пород с образованием березитов и высокотемпературных кварц-серицитовых метасоматитов, связана молибденовая и, возможно, висмутовая минерализация.

Гранитный интрузив на месторождении не вскрыт, но граниты в виде ксенолитов встречены в дайках диабазовых порфиров, а измененные постмагматическими процессами гранит-порфиры – в виде обломков в ранних дайкообразных eksploзивных брекчиях (рис. 3, 4, 5).

Появление инъекций гранодиорит-порфиров II в eksploзивных брекчиях может быть связано с активацией остаточного гранитного расплава в магматическом очаге при поступлении в него с более глубоких уровней базальтоидной магмы и глубинного флюида. В результате сформировался расплав гранодиоритового состава. Возможно, этим объясняется появление в ранних eksploзивных брекчиях глобул титаномагнетита (претерпевшего разложение на магнетит и ульвошпинель), характерных для пород базит-гипербазитового ряда.

По мнению некоторых исследователей [10], интрузивные породы Высокогорского месторождения могут представлять магматизм разных геодинамических этапов в развитии региона: гранодиориты I и сингенетичные им граниты – переход от этапа трансформного скольжения к этапу субдукционному (105–75 млн лет, вероятный аналог в районе – угловской комплекс); гранодиорит-порфиры II и дацит-порфиры – субдукционный этап (маастрихт-даний, сияновский вулканоплутонический комплекс). По нашим данным, дайки дацитов и порфировых риолитов, вероятнее всего, представляют не позднемеловой – субдукционный этап, а эоценовый – трансформный.

Наряду с ранними eksploзивными брекчиями на Высокогорском месторождении, особенно в пределах Силинской рудоносной структуры, широко распространены поздние брекчии, имеющие дайкообразную, участками ветвящуюся форму с извилистыми контактами и небольшую (от 0.1 до 0.5 м) мощность. Для них характерно северо-западное (значительно реже северо-восточное) простирание и переменное падение. Сложены эти брекчии перемещенными и перемешанными обломками пород различного состава: песчаниками, алевролитами, кремнистыми сланцами, значительно реже встречаются обломки дацит- и гранодиорит-порфиров. Обломки (размер от первых миллиметров до 1–3 см) имеют округлую (до шаровидной) форму и цементируются очень тонко перетертым (до глинистого состояния) материалом (рис. 2 б). Внутрирудное положение этих образований убедительно доказывается геологическими наблюдениями. На отдельных участках поздние eksploзивные брекчии ориентированы параллельно рудным телам и накладываются на рудовмещающие структуры, при этом в них появляются рудные обломки. Они пересекают крупные тектонические нарушения,

по которым происходило смещение рудных тел (в том числе ранних eksploзивных брекчий), рудные тела и дайки дацит-порфиров, а сами пересекаются прожилками поздней кварц-флюорит-карбонатной стадии минерализации. Отмечается тесная пространственная связь поздних eksploзивных брекчий с дайками дацит-порфиров, что можно рассматривать признаком их временной и генетической связи. Вероятно, образование брекчий напрямую связано с теми же магматическими камерами, из которых образовались дацит-порфиры.

На основании выполненного исследования составлена схема эволюции магматизма, формирования eksploзивных брекчий и оловянного рудообразования Высокогорского месторождения (табл. 4, рис. 12).

### ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Основной результат выполненного исследования – схема эволюции магматизма, рудообразования и формирования флюидно-ekspлозивных брекчий Высокогорского месторождения. Очевидно, что она является упрощенной и не отражает всех особенностей процесса, развивавшегося в условиях меняющегося геодинамического режима: позднемелового субдукционного и палеоцен-эоценового, в котором доминировали обстановки трансформного скольжения литосферных плит.

Главными магматическими элементами предлагаемой схемы являются гранодиорит-порфиры I и II. Гранодиорит-порфиры I и, предположительно, сингенетичные с ними гранит-порфиры, судя по их изотопным датировкам, могут фиксировать особенности магматизма и рудообразования наиболее раннего на рассматриваемом объекте «переходного» (от раннемелового – трансформного, к позднемеловому – субдукционному) этапа. В это время в западной части района сформировалась ассоциация калиевых (оловоносных) монцонитоидов березовско-араратского комплекса и калиево-натровых (золотоносных) – соболинского (K-Ag по биотиту и U-Pb по циркону: 105–95 млн лет) [7, 6, 23]. В центральной части района (Угловая ВТС; скв. 536,  $\geq 700$ ) возраст 95–90 млн лет (K-Ag по биотиту и по валу) имеют кварцевые диориты угловского (или новогорского) комплекса. Гранодиориты этого комплекса, широко представленные в мелких интрузивных телах на месторождениях района, имеют возраст (K-Ag по биотиту)  $78.8 \pm 1.7$  млн лет и часто сопровождаются брекчиями. В составе его интрузивной фации рассматриваются также граниты (K-Ag по биотиту –  $80 \pm 5$  млн лет; по породе –  $76 \pm 4$  млн лет), вынесенные в ксенолитах eksploзивных брекчий на месторождении Арсеньевском, и сопровождающиеся грейзенами с молибденом и вис-

Таблица 4. Схема эволюции магматизма Высокогорского месторождения и формирования explosивных брекчий.

Этап магматизма	Магматические образования	Возраст, млн лет	Explosивные брекчии	Основные минеральные парагенетические ассоциации
Ранне-позднемеловой (переходный)	Гранодиорит-порфиры I (шток)	105–80	Не установлены	Кварцевые турмалиниты
	Гранит-порфиры (порфиновые риолиты)			Березиты и кварц-серицитовые метасоматиты с Mo и V
Позднемеловой (субдукционный)	Гранодиорит-порфиры II (инъекции)	79–69	Ранние	Турмалиниты с кварц-касситеритовой минерализацией
	Микрогранит-порфиры, кварцевые порфиры (дайки)	65–60	Не установлены	Пропилиты и кварц-хлоритовые метасоматиты. Касситерит-силикатно-сульфидная минерализация
Эоценовый (трансформный)	Дациит-порфиры (дайки)	56–51	Поздние	Пропилиты и хлорит-серицит-карбонат-кварцевая фация березитов. Кварц-галенитовая с арсенопиритом

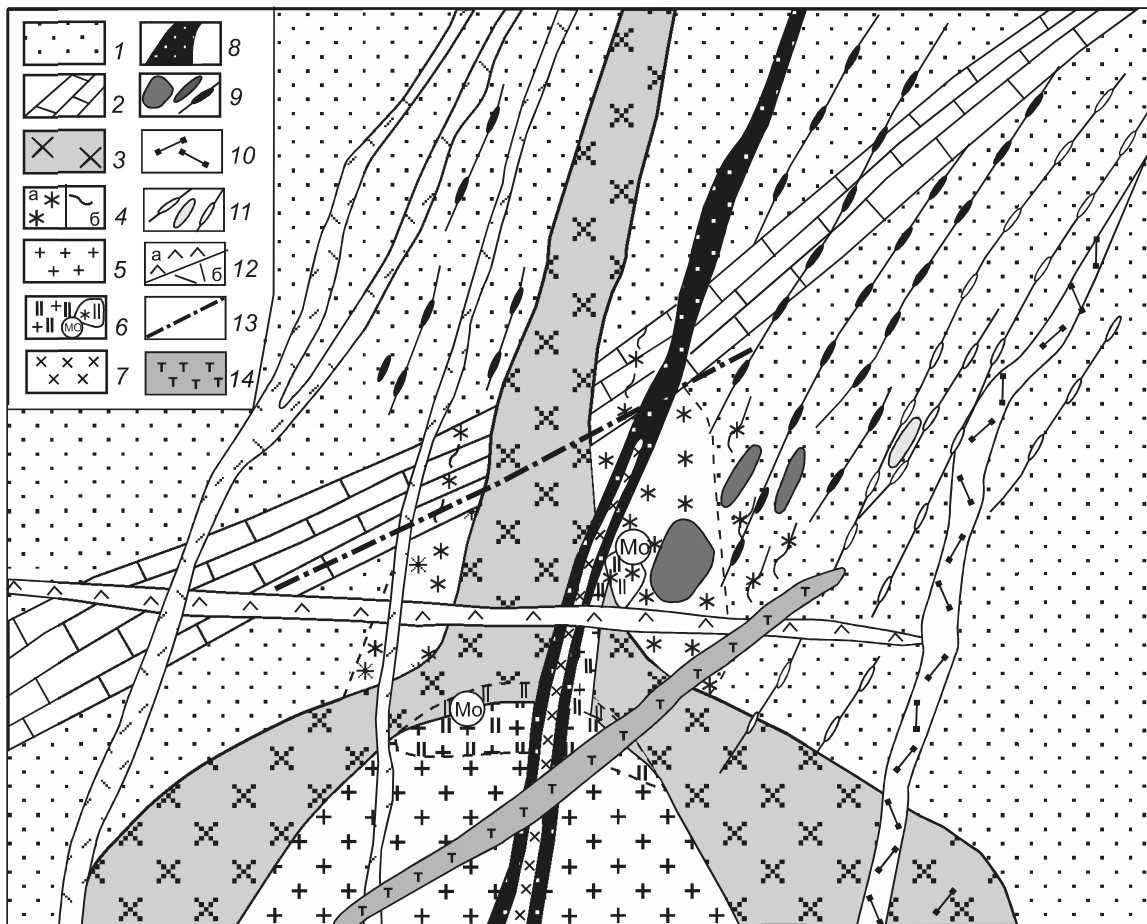


Рис. 12. Схема эволюции магматизма, формирования explosивных брекчий и рудообразования Высокогорского месторождения.

1–2 – породы Таухинского террейна (фрагмент неокомской аккреционной призмы): 1 – песчаники (основная рудовмещающая среда), 2 – кремни и кремнистые сланцы (экран); ассоциация, по [10]), 3–6 – образования первого рудно-магматического этапа: 3 – гранодиорит-порфиры I, 4 – кварц-турмалиновые метасоматиты (а) и жилы (б), 5 – гранит-порфиры (порфиновые риолиты), 6 – пропилиты и березиты, грейзеновая ассоциация, по [10]; 7–9 – образования второго рудно-магматического этапа: 7 – грано-

мутом, лейкограниты (60–57 млн лет, К-Аг по валу) месторождения Дубровского, выявленные на глубине ок. 900 м [5, 26]. По возрасту, химическому составу ассоциация гранодиорит-порфиров I и гранит-порфиров (порфировых риолитов) (табл. 1, 4) с наибольшей вероятностью фиксирует на Высокогорском месторождении завершение раннемелового трансформного этапа и начальную стадию формирования вулканоплутонической ассоциации Сихотэ-Алинского надсубдукционного пояса.

В исследовании не получен однозначный ответ на вопрос о природе гранодиорит-порфиров II, образующих синхронные брекчированию инъекции в тела ранних эксплозивных брекчий. Появление их, по нашему мнению, может быть связано с активизацией остаточного гранитоидного очага при участии базитового расплава и высокотемпературного глубинного флюида. Показательно в этом отношении, что наиболее «древняя» изотопная датировка по мусковиту из метасоматитов по таким гранодиоритам ( $79.5 \pm 2.5$  млн лет) аналогична наиболее «молодым» датировкам гранитоидов ранней ассоциации ( $80 \pm 4$  млн лет). Вместе они фиксируются в центре временного интервала позднемелового рудообразования в Кавалеровском рудном районе (90–75 млн лет) [26]. Это представление в значительной мере объясняет необычайно высокую калиевоность инъекционных гранодиорит-порфиров (табл. 1, 2) и не свойственное для калиевых «оловоносных» магм низкое содержание тяжелых редкоземельных элементов: отношение нормированных (порода / хондрит) содержаний для тяжелых РЗЭ – в интервале 10–5:  $La_n / Yb_n$  – в интервале 17–22.

Широко распространенные, разные по составу – от высококремнистых ( $SiO_2$  73–77 % мас.) ультракалийевых ( $K_2O$  около 6 % мас.) риолитов до диабазов – дайки, в большинстве своем, – образования поздние по отношению к ранним брекчиям и к оловянному рудообразованию. Наиболее распространенные из них – дацит-порфиры и дациты, по нашему мнению, фиксируют на месторождении магматизм палеоценоэоценового (трансформного) этапа эволюции региона. Отметим, что по данным [14] с некоторыми дайками парагенетически связаны относительно слабо

проявленные ассоциации рудных минералов, в т.ч. и касситерит.

Дайкообразные эксплозивные брекчии Высокогорского оловорудного месторождения, по данным выполненных нами детальных геологических наблюдений, образуют две группы, генетически связанные с магматизмом разных геодинамических этапов.

Ранние эксплозивные брекчии образовались позднее гранодиорит-порфиров I (шток) и связанной с ними ранней кварц-турмалиновой минерализации, а также, предположительно, сингенетичных им (гранодиоритам) ультракалийевых гранит-порфиров (обломки в ранней брекчии), производными которых являются березиты и высокотемпературные кварц-серицитовые метасоматиты с наложенной на них кварц-молибденитовой минерализацией прожилкового типа, но до гранодиорит-порфиров II (инъекции в ранней брекчии). Возраст таких брекчий, на основании датировки по мусковиту (К-Аг) из инъекционных гранодиорит-порфиров ( $79 \pm 2.5$  млн лет) и наиболее древней датировки по серициту (К-Аг) наложенной оловянной минерализации ( $72 \pm 4$  млн лет), предполагается позднемеловым и указывает на связь их образования с субдукционным этапом в схеме геологической эволюции региона.

В оловянном рудообразовании Высокогорского месторождения дайкообразные тела ранних эксплозивных брекчий выполняли роль рудоподводящих и рудовмещающих структур. Кварц-касситеритовая минерализация наложена на эти брекчии и проявилась в них после борного метасоматоза (турмалинизации) и кристаллизации инъекций гранодиорит-порфиров II, но до формирования даек дацит-и риолит-порфиров заключительного – трансформного – этапа эволюции.

По отношению к молибденовой минерализации ранние эксплозивные брекчии – образования более поздние. Они не только содержат обломки ранних, развитых в экзоконтакте штока гранодиоритов-порфиров I, кварц-турмалиновых метасоматитов и березитов с наложенной молибденитовой минерализацией, но и выносят обломки калишпатизированных, серицитизированных гранит-порфиров с прожилками кварца с молибденитом и отдельные обломки кварца.

---

диорит-порфиры II (инъекционные), 8 – брекчия эксплозивная ранняя с наложенной турмалинизацией и кварц-касситеритовой минерализацией, 9 – оловоносные штокверки в турмалинитах и кварц-касситерит-турмалиновые жилы в турмалинизированных песчаниках; 10–11 – образования третьего рудно-магматического этапа: 10 – кварцевые порфиры (порфировые риолиты, микрогранит-порфиры), 11 – рудные жилы с касситерит-силикатно-сульфидной минерализацией, иногда наложенной на ранние эксплозивные брекчии; 12–13 – образования четвертого рудно-магматического этапа: 12 – дайки плагиориолитов (а) и дацитов (б), 13 – брекчия эксплозивная поздняя с кварц-флюорит-карбонатной минерализацией; 14 – пострудные дайки диабазов.

Образование ранних взрывных брекчий обусловлено вскипанием и дегазацией гранодиоритовой магмы (гранодиорит-порфиры II), обогащенной щелочами, летучими и рудными компонентами, в результате чего отделившиеся от расплава флюиды, смешиваясь с метеорными водами, произвели транспортировку и перемешивание обломочного материала в трещинных структурах [1].

По предложенной Р. Силлитоу типизации взрывных брекчий [33], брекчий Высокогорского месторождения с наибольшей вероятностью представляют магмато-гидротермальный генетический тип, важнейшими признаками которого являются многократность брекчирования и интродуцированность брекчий мелкими телами порфировых риолитов. На некоторых из них, подобно рассмотренному нами примеру, тела дорудных брекчий, генетически связанных с интрузиями диоритов, прорваны (инъекционаны) дайками внутрирудных диоритовых порфиритов [36].

Взрывные брекчий второй группы (поздние) сингенетичны дайкам дацит (риолит)-порфиром (56–51 млн лет) палеоцен-эоценового (трансформного) этапа. В рудообразовании месторождения они занимают внутрирудное положение, сформировавшись после основной оловорудной стадии, но до наиболее поздней кварц-флюорит-карбонатной стадии минерализации. Поздние взрывные брекчий Высокогорского месторождения образовались на заключительной стадии развития магматогенной структуры в результате активизации очага (очагов) остаточных риолитовых (дацитовых) расплавов интрузиями базальтовой магмы.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования флюидно-взрывных образований Высокогорского месторождения подтверждают тесную связь особенностей их генезиса с особенностями магматизма. Последние в наибольшей мере могли быть предопределены локализацией месторождения на границе Таухинского и Журавлевского террейнов, которая определяется здесь как зона одного из важнейших в структуре Сихотэ-Алинской аккреционно-складчатой системы – Восточного разлома. Такое положение обуславливало длительность процессов магмообразования, с участием в них гетерогенного субстрата, разных по глубинности и, соответственно, по физико-химическим параметрам флюидов и неоднократное внедрение магматических расплавов в верхние горизонты земной коры. Об этом свидетельствует присутствие в магматической ассоциации месторождения как

минимум двух разновременных генераций (этапов) гранодиоритов, а также дацитов, риолитов и т.д. Этому может соответствовать также установленное по геофизическим данным [16] присутствие в глубинной структуре Кавалеровского рудного района плотностных неоднородностей (по цитируемым авторам – «флюидно-магматические источники оруденения») на двух уровнях – 1–2 и 4–5 км.

Сложность магматизма обусловила совмещение на месторождении разных по формационной принадлежности постмагматических, в том числе рудных, образований. По данным разных исследователей, на Высокогорском месторождении выделяется от двух до пяти стадий рудообразования.

Особенности магматизма не могли не отразиться в особенностях генетически связанных с ним взрывных (магмато-гидротермальных) брекчий. Представленные материалы, характеризующие две группы взрывных брекчий Высокогорского месторождения, позволяют рассматривать их формирование как заключительный (близкий к нему) акт в эволюции РМС месторождения на разных геодинамических этапах: ранние – меловой субдукционный, поздние – палеоцен-эоценовый трансформный. Непосредственная – генетическая – связь ранних брекчий с «инъекционными» гранодиоритами и поздних – с дацит-порфирами отражает общую особенность эволюции обогащенных бором магматических систем – массовое отделение бороносного флюида на стадии кристаллизации среднего по составу силикатного расплава (дациандезиты и гранодиориты) и смещение системы в область кислых, обогащенных фтором расплавов [31].

Приведенные в статье результаты и полученные выводы показывают, что взрывные (флюидно-взрывные) брекчий, относительно редкие в составе оловоносных рудно-магматических систем, играют, тем не менее, важную роль в их эволюции, в т.ч. в рудообразовании. По нашим данным, в оловянном рудообразовании Высокогорского месторождения тела ранних брекчий выполняли роль рудоподводящих и рудовмещающих структур. Поздние брекчий занимают внутрирудное положение, сформировавшись после основной оловорудной стадии, но до наиболее поздней кварц-флюорит-карбонатной. Это должно ориентировать специалистов на более внимательное отношение к исследованию брекчий на разных стадиях изучения оловянных месторождений.

Исследование проводится при частичной поддержке Программы фундаментальных исследований ОНЗ РАН № III.8.3 и проекта ДВО РАН № 15-I-2-003о.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бортников Н.С., Кряжев С.Г., Гоневчук В.Г., Гореликова Н.В., Рябченко В.М., Балашов Ф.В. Смещение магматогенных рассолов и метеорных вод в Высокогорском олово-порфировом месторождении, Приморье, Россия // Докл. АН. 2013. Т. 453, № 4. С. 1–5.
2. Геология, минералогия и геохимия Кавалеровского района / Ред. Е.А. Радкевич. М.: Наука, 1980. 251 с.
3. Голозубов В.В., Ханчук А.И. Таухинский и Журавлевский террейны (Южный Сихотэ-Алинь) – фрагменты раннемеловой Азиатской окраины // Тихоокеан. геология. 1995. Т. 14, № 2. С. 13–26.
4. Гоневчук В.Г., Гоневчук Г.А. Минерализованные эксплозивные брекчи Комсомольского рудного района // Геология руд. месторождений. 1983. Т. XXV, № 1. С. 100–106.
5. Гоневчук В.Г. Оловоносные системы Дальнего Востока: магматизм и рудогенез. Владивосток: Дальнаука, 2002. 297 с.
6. Гоневчук В.Г., Гоневчук Г.А., Орехов А.А., Лебедев В.А. Монцитонитовая ассоциация Кавалеровского рудного района (Приморье): геохронология и некоторые вопросы генезиса // Тихоокеан. геология. 2011. Т. 30, № 3. С. 20–31.
7. Гоневчук В.Г., Ханчук А.И., Гоневчук Г.А., Лебедев В.А. Новые калий-аргоновые датировки гранитоидов Сихотэ-Алиня (Дальний восток, Россия) по биотиту и амфиболу: критерии достоверности и интерпретация // Тихоокеан. геология. 2015. Т. 34, № 6. С. 16–33.
8. Гребенников А.В. Индикаторная роль микросферических образований в процессах мел-палеогенового магматизма Восточного Сихотэ-Алиня // Геологические процессы в обстановках субдукции, коллизии и скольжения литосферных плит: Материалы конф. Владивосток, 2011. С. 201–204.
9. Иванкин П.Ф. Морфология глубоковскрытых магматогенных рудных полей. М.: Недра, 1970. 278 с.
10. Кокорин А.М., Гоневчук В.Г., Кокорина Д.К., Орехов А.А. Высокогорское оловорудное месторождение: особенности минерализации и генезиса // Рудные месторождения континентальных окраин. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука, 2001. С. 156–171.
11. Константинов М.М. Генетические типы рудоносных брекчий // Сов. геология. 1977. № 3. С. 124–129.
12. Коростелев П.Г., Гоневчук В.Г., Гоневчук Г.А., Кокорин А.М., Семяк Б.И., Родионов С.М. Хинганское оловорудное месторождение // Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России / Ред. А.И. Ханчук. Владивосток: Дальнаука, 2006. С. 661–667.
13. Коростелев П.Г., Гоневчук В.Г., Гореликова Н.В., Екимова Н.И., Кононов В.В., Крылова Т.Л., Орехов А.А., Семяк Б.И., Сучков В.И. Оловянно-редкоземельные грейзены Солнечного касситерит-силикатного месторождения (Дальний Восток, Россия) // Тихоокеан. геология. 2016. Т. 35, № 1. С. 66–80.
14. Литаврина Р.Ф., Косенко В.И. Магматизм и оруденение Высокогорского оловорудного месторождения // Минералогия олова. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978. С. 55–62.
15. Матвийченко И.Т. Особенности геологического строения и минерализация Высокогорского рудного поля // Генетические модели месторождений и прогнозирование в оловорудных районах. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. С. 120–125.
16. Петрищевский А.М., Юшманов Ю.П. Металлогения глубинных структур земной коры южного Сихотэ-Алиня (по гравиметрическим данным) // Тихоокеан. геология. 2012. Т. 31, № 5. С. 41–54.
17. Поповиченко В.В. Взаимоотношение магматизма и оруденения в Кавалеровском рудном районе // Генетические модели месторождений и прогнозирование в оловорудных районах. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. С. 45–57.
18. Портнов А.М., Моисеев Б.М., Ткачева Т.Б. Радон как признак палеодозиметрического парадокса кварц-пиритовой гальки гидротермальных конгломератов // Докл. АН СССР. 1979. Т. 247, № 6. С. 1482–1485.
19. Портнов А.М. Секреты золотоносного гиганта // Природа. 2013. № 9. С. 27–32.
20. Раткин В.В., Симаненко Л.Ф., Кузнецов Д.Н., Король Р.В. Олово-цинковое оруденение Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса // Геология руд. месторождений. 1990. № 2. С. 68–77.
21. Родионов С.М. Металлогения олова Востока России. М.: Наука, 2005. 326 с.
22. Сандмирова Е.С. Сферические минеральные образования вулканических пород Курильских островов и Камчатки: Автореф. дис.... канд. геол.-минер. наук. Петропавловск-Камчатский, 2008. 19 с.
23. Сахно В.Г., Коваленко С.В., Аленичева А.А. Монцитонитовый магматизм медно-порфирового месторождения Лазурное: особенности генезиса рудоносных магм по данным изотопно-геохимических исследований (Приморье, Россия) // Докл. АН. 2011. Т. 438, № 1. С. 82–90.
24. Томсон И.Н. и др. Графит-ильменит-сульфидная минерализация в рудных районах востока СССР // Геология руд. месторождений. 1984. № 6. С. 25–27.
25. Туговик Г.И. Флюидно-эксплозивные структуры и их рудоносность. М.: Наука. 1984. 192 с.
26. Финашин В.К., Литаврина Р.Ф., Косенко В.И., Овчарек Э.С., Грачева А.А., Аракеяц М.А. Об абсолютном возрасте оловянного оруденения Кавалеровского рудного района // Рудоносность Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978. С. 71–80.
27. Финашин В.К. О глубинной минерализации оловорудных месторождений Кавалеровского района // Рудные месторождения Дальнего Востока. Владивосток: ДВО АН СССР, 1983. С. 4–5.
28. Финашин В.К. Оловорудные месторождения Приморья. Владивосток: ДВО АН СССР, 1986. 175.
29. Ханчук А.И., Кемкин И.В. Геодинамическая эволюция япономорского региона в мезозое // Вестн. ДВО РАН. 2003. № 6. С. 94–108.
30. Burnham C.W. Hydrothermal fluids at the magmatic stage / H.L. Barnes, ed. // Geochemistry of hydrothermal ore deposits. New York, Holt, Rinehart and Winston, 1967. P. 34–76.
31. Pollard P.J., Pichavant M., Charoy B. Contrasting evolution of fluorine- and boron-rich systems // Mineral. Deposita. 1987. V. 22, N 4. P. 315–321.
32. Seedorff E., Dilles J.H., Proffett J.M., et al. Porphyry deposits: Characteristics and origin of hypogene features // Econ. Geol. 2005. V. ANNIVERSARY. P. 251–298.
33. Sillitoe R.H. Ore-related breccias in volcanoplutonic arcs //

- Econ. Geol. 1985. V. 80. P. 1467–1514.
34. Sillitoe R.H. Porphyry copper systems // *Inc. Econ. Geol.* 2010. V. 105. P. 3–41.
35. Thompson T.B., Trippel A.D., Dwelley P.C. Mineralized breccias of the Cripple Creek district, Colorado // *Econ. Geol.* 1985. V. 80. P. 1669–1688.
36. Vila T., Sillitoe R.H. Gold-rich porphyry systems in the Maricunga belt, Northern Chile // *Econ. Geol.* 1991. V. 86, N 6. P. 1238–1260.

*Рекомендована к печати А.И. Ханчуком*

***V.M. Ryabchenko, V.G. Gonevchuk, N.V. Gorelikova, G.A. Gonevchuk***

**Explosive breccia of the Vysokogorsky tin-porphyry deposit: genesis and their role in ore formation, Kavaleroovo ore district, Primorye**

Detailed geological researches and analytical results made it possible to distinguish two groups of fluid explosive breccias within the Vysokogorsky tin deposit of the Kavaleroovo ore district. Brecciation is supposed to be associated with different stages of the geological (geodynamic) evolution and different roles in the ore formation. Earlier breccias (79–69 Ma) altered due to boron metasomatism and following main tin mineralization most probably present the Cretaceous subduction stage. Later breccias (56–51 Ma) are syngenetic with dacite (rhyolite) - porphyry dikes can be of the Paleocene-Eocene transform motion stage. They were formed after sedimentation of the bulk of cassiterite, but prior to the latest quartz-fluorite-carbonate stage of ore formation. According to R. Sillitoe's classification, explosive breccias of the Vysokogorsky deposit can represent a magmatic-hydrothermal genetic type characterized by repeated brecciation and intrusion of small bodies of porphyric rhyolites. Some ore deposits like the studied Vysokogorsky deposit have the pre-ore breccias genetically related with diorite intrusions are injected by intrusion of the intra-ore dioritic porphyrite dikes.

***Key words: explosive breccia, genesis, model, ore mineralization, tin, Kavaleroovo ore district, Primorye, Far East of Russia.***