

УДК 549.086.17

Е.И. Ярцев¹, А.А. Бурмистров², И.В. Викентьев³

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ПРОГНОЗ ОРУДЕНЕНИЯ НА ДЖУСИНСКОМ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)⁴

Анализ тектонических смещений по трещинам и разломам позволил проследить последовательную смену характера деформаций на месторождении в связи с эволюцией Магнитогорской островной дуги. Уточнены структурные условия локализации оруденения разных типов. Построена блок-диаграмма ориентировки рудного столба, приуроченного к пересечению северо-западных и меридиональных тектонических нарушений, изученных в карьере Джусинского месторождения. Выявлены тренды распределения обогащенных участков оруденения, несколько отличающиеся для разных элементов. Полученные данные позволяют прогнозировать позицию богатых руд на глубоких горизонтах месторождения, а также выявлять перспективные на колчеданное оруденение участки в Теренсайском рудном районе.

Ключевые слова: Джусинское месторождение, колчеданные руды, структурный анализ, Южный Урал.

Analysis of tectonic displacements along fractures and faults enabled to reveal changes in character of tectonic deformations resulted from tectonic evolution of the Magnitogorsk island arc. Structural conditions of localization of ore mineralization of various types were investigated in the open pit of the Dzhusa deposit. The ore shoot on block diagram of the deposit coincides with intersection of NW-trending and sublongitudinal faults. Trends in distribution of enriched mineralization are slightly different for various metals. The data obtained enable to predict position of rich ore bodies at deeper levels of the deposit and help in prospecting for new deposits in the Terensai ore field.

Key words: Dzhusa ore deposit, massive sulfide ore, structure analysis, Southern Urals.

Введение. Теренсайский рудный район (рис. 1), включающий Джусинское месторождение, был изучен в 70-х гг. XX в. На данный момент о геологическом строении района можно судить по материалам карт Теренсайского рудного района в масштабе 1: 50 000, а также 1: 10 000, которые были построены предшественниками (Н.И. Еремин, Б.С. Коган, 1964; В.И. Воробьев, Г.К. Воробьева, Н.И. Еремин, Г.С. Петрова, Г.Ф. Яковлев, 1970) на основе данных картировочного бурения и документации небольших коренных выходов магматических пород. Наиболее полно изучен участок, где расположено Джусинское месторождение. Представления о характере основных рудопроявлений района основаны на результатах немногочисленных пересечений колчеданной минерализации скважинами разведочного бурения.

В последние десятилетия детальные геологосъемочные работы в Теренсайском рудном районе не проводились. С началом отработки месторождения началась документация бортов карьера,

эти данные позволили уточнить геологическое строение месторождения и закономерности локализации оруденения как на месторождении, так и в районе.

Геологическое строение района. В строении района принимают участие пять свит. Нижняя часть разреза представлена ирендыкской свитой, сложенной лавобрекчиями и туфами андезито-базальтового состава (поздний эмс—ранний эйфель, по [Косарев, Артюшкова, 2007]). Стратиграфически выше залегает карамалыташская свита эйфельского возраста [Маслов, Артюшкова, 2010], объединяющая нижнекарамалыташскую подсвиту базальт-андезибазальтового состава и верхнекарамалыташскую, состоящую из трех толщ: нижней дацитовой (рудовмещающая для Джусинского месторождения), средней андезибазальтового состава и верхней дацит-риодацитовой состава. Карамалыташская свита постепенно переходит в вышележащую улутаускую андезибазальтового состава (живет—фран). Несогласно залегающие на

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геологии, геохимии и экономики полезных ископаемых, мл. науч. с.; Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, вед. инж.; *e-mail:* yar@geol.msu.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геологии, геохимии и экономики полезных ископаемых, канд. геол.-минерал. н., доцент; *e-mail:* burm@geol.msu.ru

³ Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, доктор геол.-минерал. н.; гл. науч. с.; *e-mail:* viken@igem.ru

⁴ Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 14-17-00693-П).

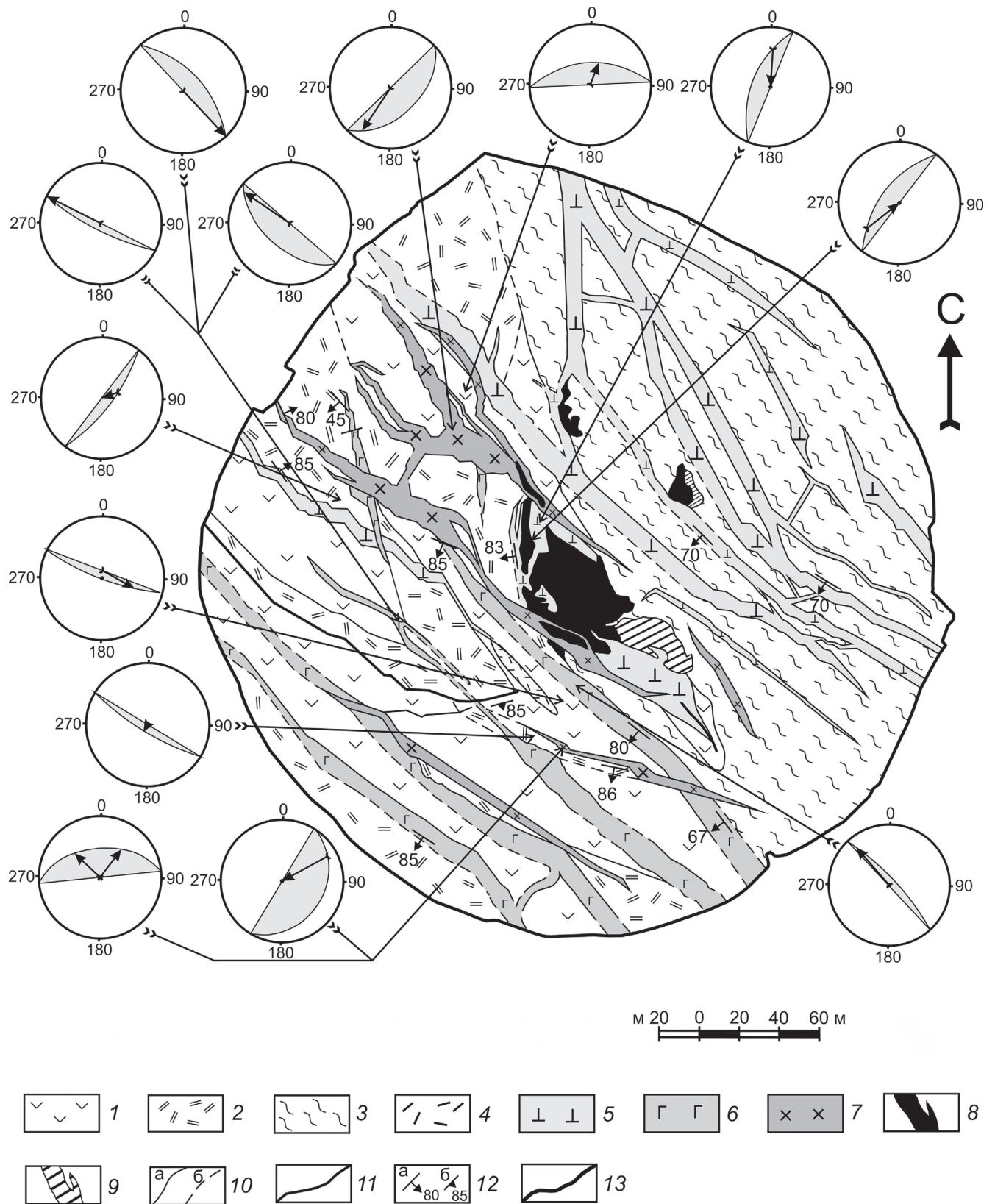


Рис. 2. Геологическая карта карьера Джусинского месторождения с диаграммами зеркал скольжения и направлений смещения по ним: 1 — андезиты; 2 — дациты; 3 — кварц-серицитовые метасоматиты; 4 — субвулканические дациты; 5–6 — дайки раннеэфельско-раннежизветского габбро-порфирового субвулканического комплекса (5 — предрудные (D_2ef_1), 6 — позднерудные (D_2gv_1)); 7 — дайки раннекаменноугольного магнитогорского диоритового интрузивного комплекса; 8 — колчеданно-полиметаллические руды; 9 — серноколчеданные руды; 10 — геологические границы (а — достоверные, б — предполагаемые); 11 — разрывные нарушения; 12 — элементы залегания (а — контакты даек и рудных тел, б — разрывные нарушения); 13 — контуры карьера

Новые данные, полученные авторами статьи в результате детальной документации карьера Джусинского месторождения, позволяют существенно скорректировать представления о механизме формирования богатых руд и их структурной приуроченности к тектоническим нарушениям в Теренсайском районе.

Характеристика месторождения. Джусинское колчеданно-полиметаллическое месторождение (рис. 2) локализовано в нижней толще верхне-карамалыташской подсвиты, которая на участке месторождения существенно лавовая, имеет дацитовый состав с подчиненным количеством андезитов. Она прорывается субвулканическими габбро-порфиритами, плотность развития которых на участке месторождения выше, чем в среднем в Теренсайском районе, и дайками раннекаменноугольного магнитогорского диоритового комплекса [Ярцев и др., 2017].

Карамалыташская свита рассматривается в объеме базальт-андезит-дацит-риолитовой формации, отражающей этапы эволюции островодужного вулканизма от основного к кислому. Формация характеризуется неоднородностью строения и состава, в ней выделяются центры и участки интенсивного развития вулканизма, что выражено в развитии совокупности субвулканических тел, сопровождающих оруденение. С использованием геологической карты масштаба 1: 10 000 (1964 г.) нами построена схема в изолиниях концентрации субвулканических габбро-порфиритов на участке площадью 20 км² (рис. 3). На участке месторождения плотность развития субвулканических габбро-порфиритов значительно выше, чем в среднем в Теренсайском районе (рис. 3). К областям сгущения субвулканических тел тяготеют и другие рудные объекты Теренсайского района (рудопоявления Северо-Джусинское-I, Западно-Джусинское). К сгущению габбро-порфиритов приурочено также рудопоявление Северо-Джусинское-III (В.И. Воробьев, 1967).

В тектоническом отношении месторождение отвечает локальной зоне смятия [Еремин, 1983]. Рудоносная зона северо-западного простирания тяготеет к границе андезидацитов и кварцсерицитовых метасоматитов (рис. 2). Рудные тела месторождения представляют собой крутопадающие на юго-запад столбообразные залежи, иногда сливающиеся в линзовидные. Подавляющее большинство руд сложено пиритом (до 90%), халькопиритом, сфалеритом, галенитом [Викентьев и др., 2007]. Месторождение обладает чертами, характерными для большинства колчеданных месторождений Южного Урала. Главные отличия состоят в обилии разновозрастных субвулканических и дайковых тел, промышленной концентрации галенита, а также в высокой степени метаморфизма, как контактового, так и регионального. Широкое проявление регионального метаморфизма вы-

ражено в сильном рассланцевании околорудных метасоматитов, в повсеместном развитии зон расланцевания в андезидацитах, дайках диоритов, субвулканических телах габбро-порфиритов и в образовании полосчатых текстур руд [Vikentyev et al., 2017].

Материалы и методы исследований. Структурные исследования рудовмещающих пород, дайковых и субвулканических тел Джусинского месторождения проводились на основе материалов, собранных в течение 6 полевых сезонов (2009–2015). Кинематика тектонических смещений анализировалась на основе замеров около 600 трещин, а также более 30 замеров элементов залегания контактов руд и пород, ориентировки плоскостей зеркал скольжения и направлений борозд скольжения в 13-ти зонах разломов.

Для изучения трендов распределения высоких значений концентрации металлов проанализированы погоризонтные планы с данными опробования Джусинского рудника. Ориентировки систем трещин получены с использованием программного обеспечения Stereo 32 [Rüller, Trepmann, 2008].

Анализ рудоконтролирующих структур проводился на разных масштабных уровнях: по геологическим картам района в масштабе 1:50 000 (В.И. Воробьев и др., 1970), картам Северного участка (Н.И. Еремин и др., 1967) и участка Карабутак Теренсайского района в масштабе 1:25 000 (В.И. Воробьев, и др., 1968), геологической карте палеозойских образований Джусинского месторождения в масштабе 1:10 000 (Н.И. Еремин, и др., 1964) и авторским картам карьера Джусинского месторождения в масштабе 1:2000, 1:1000 (по состоянию открытых горных работ на 2011, 2013, 2015 г.).

Результаты исследований и их обсуждение. На основе анализа карты в масштабе 1:50 000 выявлены ориентировки ореолов метасоматических изменений основных рудопоявлений района, а также ориентировки областей распространения пунктов минерализации (рис. 1). Сводные данные

Таблица 1

Тектонический контроль оруденения и ореолов гидротермально-метасоматических изменений вмещающих пород

Полезный компонент	Ореолы		
	северо-западные	меридиональные	северо-восточные
Cu–Pb–Zn	1	5 ²	
Cu–Zn	1	3	
Cu	1 ¹	4 ³	1

Примечания. Приведено суммарное число рудных объектов: ¹ — ореол изменений сечет пологую складку восточнее Джусинского месторождения; ² — в районе Северо-Джусинское-III ореол изменений и пунктов минерализации контролируется периклинально антиклинальной складки; ³ — Северо-Джусинское-I, дайки габбро-порфиритов изменены на контакте с колчеданной рудой (по данным геологической карты Теренсайского района в масштабе 1:50 000 (составлена Г.К. Воробьевой).

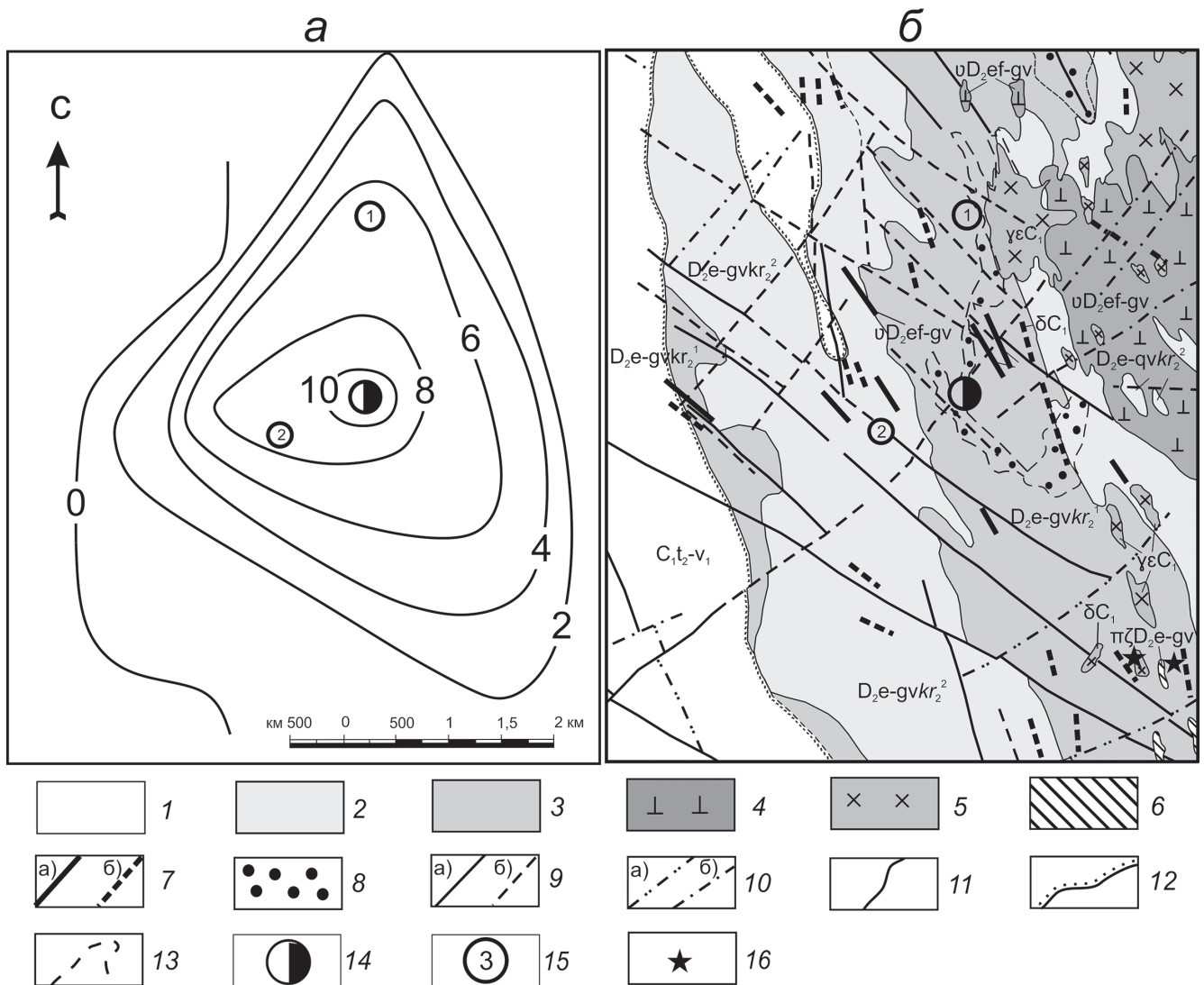


Рис. 3. Схема концентрации тел субвулканических габбро-порфиритов в районе Джусинского месторождения: а — число тел габбро-порфиритов на 1 км² площади в изолиниях (единицы измерения: тел/км²), составлена с использованием данных геологической карты 1:10 000 (Н.И. Еремин, Б.С. Коган, 1964); б — выкопировка из геологической карты участка в масштабе 1:50 000 (по материалам карты масштаба 1:50 000, составила Г.К. Воробьева, 1970): 1 — алевролиты, песчаники, гравелиты, конгломераты, углисто-глинисто-кремнистые сланцы; 2 — базальты; 3 — дациты, андезидациты; 4 — габбро, габбро-порфириты; 5 — гранодиорит-порфиры, граносиениты, плагииграниты, диориты, габбро-диориты; 6 — субвулканические дациты; 7 — дайки (а — субвулканических габбро-порфиритов; б — интрузивных диоритов, спессартитов, микродиоритов); 8 — гидротермально-метасоматически измененные породы (окварцевание, серицитизация, хлоритизация); 9 — разрывные нарушения, установленные по геологическим данным (а — достоверные, б — предполагаемые); 10 — разрывные нарушения, установленные: а — по геофизическим данным, б — по данным дешифрирования аэрофотоснимков; 11 — геологические границы; 12 — границы несогласно залегающих пород; 13 — границы ореолов метасоматических изменений; 14 — Джусинское колчеданно-полиметаллическое месторождение; 15 — рудопроявления: 1 — Северо-Джусинское-I (колчеданное), 2 — Западно-Джусинское (колчеданно-полиметаллическое); 16 — медноколчеданные пункты минерализации

контроля оруденения основными тектоническими зонами Теренсайского района приведены в табл. 1.

Ранее было установлено [Еремин и др., 1968], что процесс оруденения был длительным и многостадийным. Неоднократно отмечены зоны дробления медноколчеданных руд, залеченных полиметаллической минерализацией и брекчиевые колчеданно-полиметаллические руды, в которых медноколчеданные обломки сцементированы полиметаллической основной массой. Подобные взаимоотношения сульфидов ранее [там же] интерпретировались как свидетельство разорванности во

Таблица 2

Возраст вмещающих пород колчеданного оруденения района (по материалам В.И. Воробьева, 1967)

Полезный компонент	Возраст и число рудопроявлений		
	$D_2ef-gvkr_2^1$	$D_2ef-gvkr_2^2$	$D_2ef-gvkr_2^3$
Cu	1	3	1
Cu-Zn	1	1	2
Cu-Zn-Pb	2		1

Примечания. kr_2 — верхняя толща карамалыташской свиты, $kr_2^{1,2,3}$ — нижняя, средняя и верхняя подтолщи верхней толщи.

времени медноколчеданного и полиметаллического оруденения. Однако наши наблюдения позволяют считать более обоснованным формирование этих текстур вследствие перекристаллизации и перераспределения рудного вещества в результате динамометаморфизма (реоморфизма), который проявился наиболее интенсивно вдоль основных тектонических зон.

Реконструкция смены характера деформаций на месторождении. Анализ кинематики тектонических движений на основе определения ориентировок борозд и штрихов зеркал скольжения в разновозрастных породах при документировании бортов карьера месторождения показывает многоэтапность их развития в геологической истории района (табл. 3).

Из данных табл. 3 хорошо видно, что на относительно более раннем этапе развития преобладали преимущественно взбросовые смещения по разломам, главным образом наиболее распространенным северо-западным, а также по разломам широтной системы. На рудном и особенно на пострудном этапах преобладали сдвиговые смещения, как правило, со сбросовой составляющей по северо-западным и другим системам разломов и сопровождающим их зонам трещиноватости. Это в целом согласуется с аналогичными результатами, приведенными в работе [Знаменский, 2009] для многих золоторудных месторождений Башкирии. Взбросовая компонента движений связана с более ранним периодом развития Уральского складчатого пояса — инверсией, ранними складчато-надвиговыми деформациями в связи с формированием Магнитогорской островной дуги и началом коллизии. В более позднее время эти движения закономерно уступали место сдвиговым деформациям в связи с блоковыми перемещени-

ями по основным региональным тектоническим нарушениям района. Они иногда сменялись, вероятно, более локальными сбросовыми смещениями в связи с ослаблением сжимающих тектонических напряжений либо в зависимости от ориентировки плоскости сместителя. Так, например, из данных табл. 3 видно, что для северо-восточных трещин сдвиговые смещения могли сменяться сбросо-сдвиговыми (ослабление напряжений бокового сжатия), в то время как основные сжимающие напряжения субширотного направления, связанные, очевидно, с дальнейшим развитием Уральского складчатого пояса, продолжали действовать на более поздних этапах развития района.

Структурные факторы локализации и механизм формирования богатых руд. По данным эксплуатационного опробования рудных тел месторождения, отраженным на погоризонтных планах ЗАО «ОРМЕТ» (В.М. Назаров, М.Т. Шапенов, С.В. Казаков), нами выявлен рудный столб, а в его пределах — тренды распределения Cu, Pb и Zn как его отдельные фрагменты (рис. 4, табл. 4). Анализ ориентировки трендов показал, что их простирания соответствуют основным разрывным тектоническим структурам (северо-западным, меридиональным, меньше северо-восточным), а их оси имеют крутое погружение в целом на юго-запад с разбросом от практически западных (Cu) до южных азимутов (Pb). На карте (рис. 2) видно, что отдельные рудные тела имеют меридиональное и северо-западное простирание, а по данным геологической карты центрального участка Джусинского месторождения по состоянию на 2011 г. [Ярцев и др, 2017] — и северо-восточное простирание, причем богатый рудный столб с полиметаллическим оруденением находится как раз на пересечении этих направлений.

Таблица 3

Эволюция тектонических движений при формировании рудоконтролирующих структур

Породы (от ранних к поздним)	Ориентировка плоскости скольжения		Ориентировка борозд скольжения		Простирание зеркал скольжения и направление смещения			
	азимут падения, град.	угол падения, град.	азимут падения, град.	угол падения, град.	северо-западное	северо-восточное	широтное	меридиональное
Андезиты	75	60	21	58	сдвиго-взбросы	сбросы	взбросы	
	20	80	118	40				
Дациты	305	75	252	66				
	30	80	211	80				
Руда (полиметаллическая)	112	65	182	34	сбросо-сдвиги			
	125	65	50	26				
Габбро-порфириды (поздние)	25	80	296	0	сдвиги			
	225	65	136	0				
	40	65	203	10				
	225	80	317	20				
Диориты	315	50	212	16		сдвиги, сбросо-сдвиги		сдвиго-взбросы

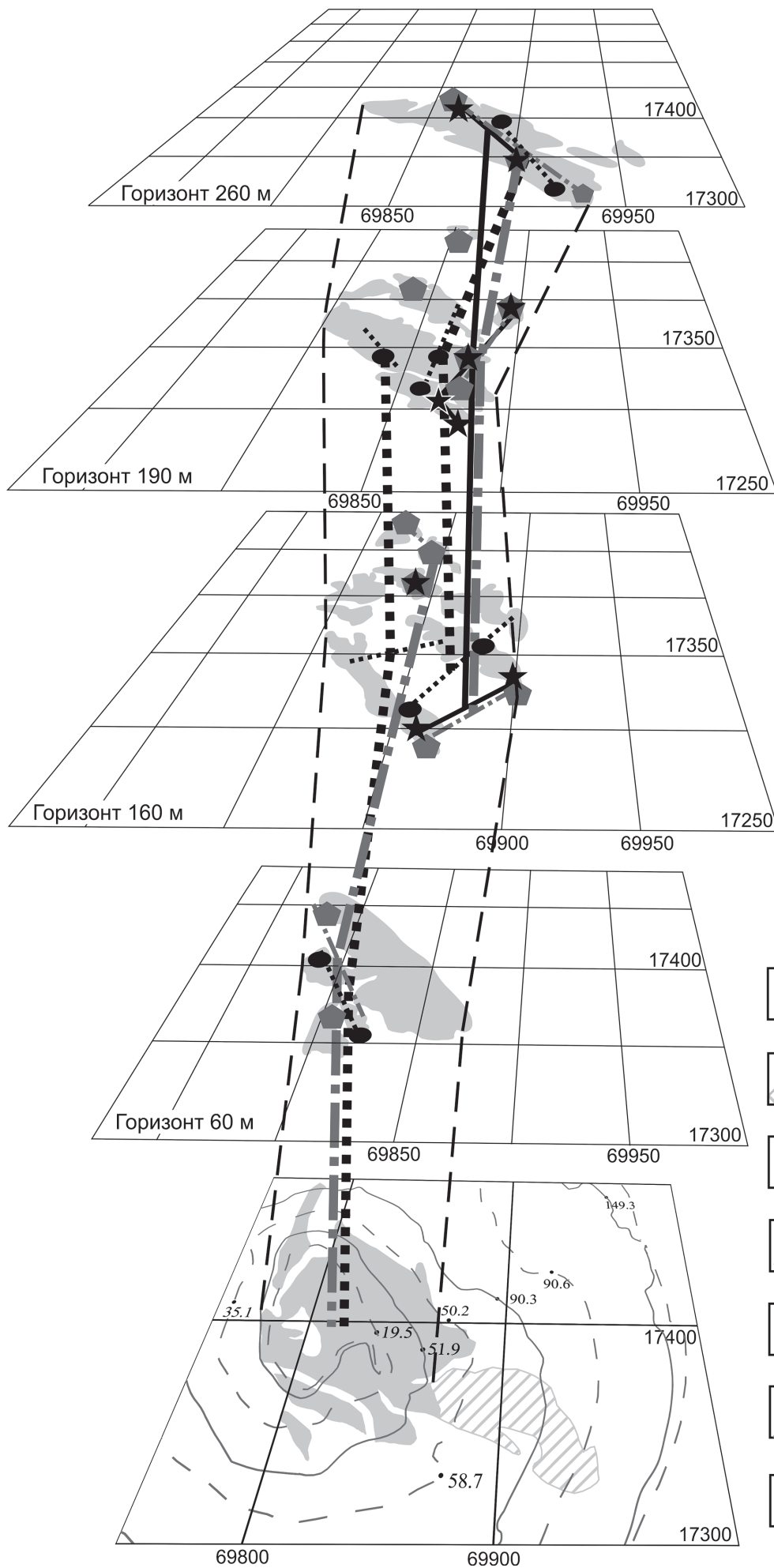


Рис. 4. Блок-диаграмма рудного столба и его фрагментов на Джусинском месторождении (составлено с использованием материалов В.М. Назарова, М.Т. Шапенова, С.В. Казакова): 1 — контуры (а — рудных тел, б — рудного столба); 2 — типы руд (а — серноколчеданные, б — колчеданно-полиметаллические); 3 — тренды высокого содержания элементов по эксплуатационным блокам (а — Cu, б — Zn, в — Pb); 4 — оси фрагментов рудного столба (а — Cu, б — Zn, в — Pb); 5 — точки наибольшего содержания рудных компонентов в пределах погоризонтного плана (а — Cu (4,5–8,3%), б — Zn (2,8–7,4%), в — Pb (1,4–3,2%)); 6 — границы (а — уступов, б — откосов); 7 — высотные отметки

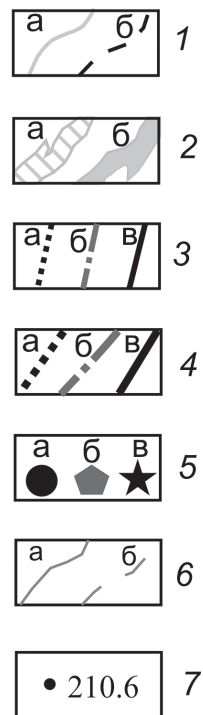


Таблица 4

Элементы залегания фрагментов рудного столба на интервале горизонтов 260–60 м

Компонент в составе руд	Средние значения азимута и угла ныряния, град.	Средние значения простирания, град.
Cu	Az 282, ∠71	Az 325*
		Az 0
		Az 40
Zn	Az 206, ∠56	Az 325*
		Az 0
		Az 40
Pb	Az 185, ∠58	Az 325
		Az 40*

* Наиболее характерные средние значения азимуты простирания.

По данным нашей документации средних и глубоких горизонтов карьера выявлены основные наиболее часто встречающиеся ориентировки контактов вмещающих пород и руд (табл. 5), из данных этой таблицы также видно, что их главное простирание — северо-западное и север-северо-западное при крутом — субвертикальном — падении в основном в западных—юго-западных и южных румбах. Ориентировка рудного столба в целом совпадает с линией пересечения двух основных систем тектонических нарушений в карьере Джусинского месторождения (рис. 5). Именно пересечения северо-западных и север-северо-западных нарушений, а также в отдельных случаях и северо-восточных с северо-западными хорошо объясняют ориентировку фрагментов рудного столба (рис. 4).

Эти данные в целом не противоречат более ранним исследованиям (В.И. Воробьев, 1970). Результаты, полученные нами, позволили уточнить не только структурные условия локализации, но и выявить признаки регенерации оруденения разного состава, а также механизм их возник-

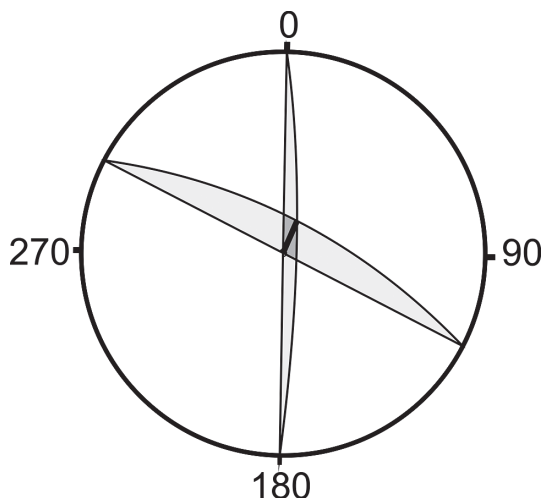


Рис. 5. Стереопроекция линии пересечения двух основных систем тектонических нарушений, изученных в карьере месторождения

Таблица 5

Элементы залегания пород и руд

Порода	Элементы залегания		Простирание
	азимут падения, град.	угол падения, град.	
Габбро-порфириды ранние (предрудные)	200	80	северо-западное
	240	85	
	45	85	
	200	70	северо-восточное
	111	76	
	305	90	
Руды	225	83	северо-западное
	228	80	
	235	75	северо-восточное
	343	90	
	270	85	меридиональное
Габбро-порфириды поздние (позднерудные)	195	45	северо-западное
	190	75	
	190	75	широтное
	180	80	
	175	85	северо-западное
	220	80	
	200	67	
Диориты	325	90	северо-восточное
	190	85	северо-западное
	240	70	
	240	70	
	190	75	
190	85		

новения. Последний связан с метаморфическим преобразованием руд, а первичное оруденение представляется синвулканическим. Предположительно подводящим каналом рудоносной зоны северо-западного простирания служила зона развития метасоматитов в восток-северо-восточной части месторождения.

Сжимающие напряжения, зафиксированные бороздами скольжения, которые изучены в карьере месторождения, с одной стороны, приводили к растворению рудных минералов под давлением и переотложению их метаморфогенными флюидами, переносившими рудное вещество в растворенном виде, а с другой — к перераспределению рудного вещества в результате пластической деформации рудных тел. Повышенная концентрация наиболее пластичного сульфида — галенита (до 2–3 об.%), особенно по сравнению с другими южноуральскими объектами, высокое содержание халькопирита (до 20 об.%), второго по пластичности, а также обилие структур цементации сфалеритом наименее пластичного хрупкого пирита дают основание полагать, что второй механизм перераспределения вещества преобладал. Активизация метаморфогенных флюидов происходила в зонах трещиноватости, главным образом северо-западного и

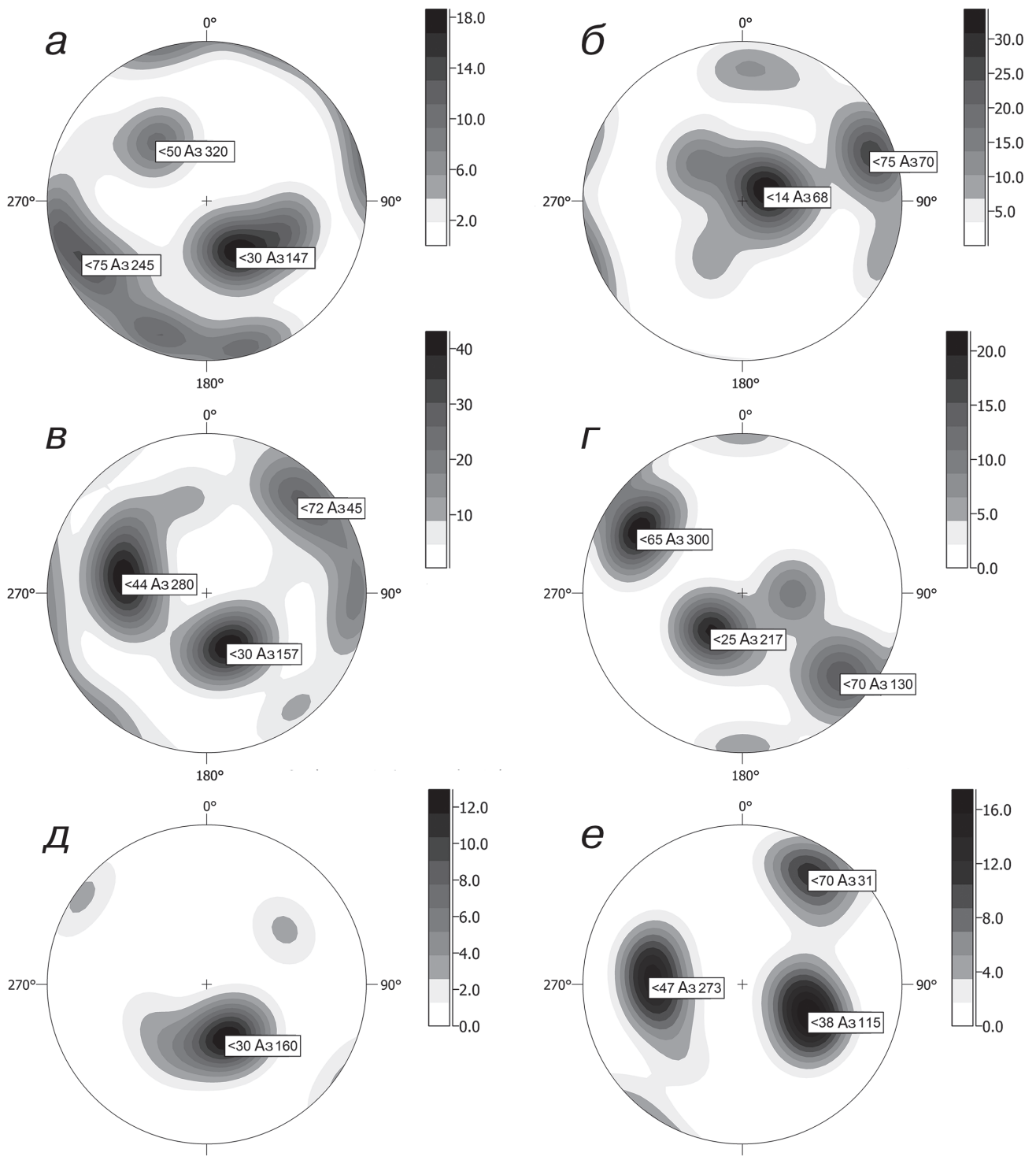


Рис. 6. Ориентировки систем трещин во вмещающих породах и рудах Джусинского месторождения: *a* — в рудовмещающих андезитах (90 замеров), *б* — в дацитах (132 замера), *в* — в поздних габбро-порфиритах субвулканического комплекса (221 замер), *г* — в диоритах магнетитовского интрузивного комплекса (82 замера), *д* — ориентировка систем кварцевых жил в рудовмещающих андезитах и дацитах (25 замеров), *е* — трещины отдельности в колчеданно-полиметаллических рудах (62 замера). В прямоугольниках приведены азимуты и углы падения систем нарушений

меридионального направления. В соответствии с теоретическими расчетами [Мальковский, Пэк, 2014] скорость фильтрации флюида в зоне разлома в 1,75 раза больше, чем на максимальном удалении от него. На пересечениях разломов, возможно, она возрастает еще больше. Зона пересечения этих направлений была благоприятна и

для вязко-пластического «выжимания» рудного вещества в эти зоны.

По ориентировкам диаграмм трещиноватости (рис. 6, *д*) ориентировка кварцевых жил во вмещающих андезидацитах совпадает с ориентировкой трещин отдельности в них. В дайках диоритов наибольшее развитие получила северо-восточная

система трещин. Системы трещин разных направлений обычно связаны с первичной отдельностью как в вулканических, так и в субвулканических породах, иногда выполненных кварцевыми прожилками, реже мелкими жилами. В дайках они могут иметь контракционную природу. Подчеркнем, тектонические трещины образуют зоны и связаны с приразломными деформациями, что часто наблюдалось в процессе документации стенок карьера. Формирование этих зон обусловлено разновозрастными (как показано в [Еремин и др., 1968]) тектоническими нарушениями тех же ориентировок. Следует отметить, что общий структурный анализ всей приведенной информации показал, что относительно меньшие углы падения северо-западных разломов и зон трещиноватости при более крутых углах для меридиональной и северо-восточной систем позволяет объяснить в целом юго-западное склонение рудного столба. Развитие вышеуказанных систем трещин в связи с проявленной многоэтапностью тектонических подвижек по разломам позволяет понять возникновение разной ориентировки трендов распределения содержания металлов в рудных телах (рис. 7). Наложенный метаморфизм имел в зонах трещиноватости наибольшую интенсивность вследствие их высокой проницаемости для флюидов.

Образование рудного столба, таким образом, вероятнее всего, связано с механизмом непрерывного переотложения руд метаморфическим флюидом или с пластической деформацией рудных тел с участием флюида — наиболее реальными механизмами при деформации существенно пиритовых руд, как показано в [Добрецов и др., 1987]. В то же время интенсивное проявление метаморфизма руд сильно затушевывает первоначальную картину геологического строения месторождения и затрудняет генетическую интерпретацию полученных нами данных.

Принимая во внимание тесную пространственно-временную связь руд и габбро-порфириров, а именно тот факт, что формирование оруденения заключено между двумя актами внедрения субвулканических тел основного состава [Ярцев и др., 2017] и, таким образом, ограничено довольно узкими временными рамками, мы рекомендуем дальнейшее доизучение района с целью выявления новых участков сгущения разновозрастных (предрудных раннеэфельских и позднерудных раннеживетских) габбро-порфириров, а также доразведку ранее выявленных участков сгущения габбро-порфириров и связанных с ними рудопроявлений. Рекомендация актуальна в свете возобновившегося интереса к району с целью выявления перспективных участков на колчеданное орудене-

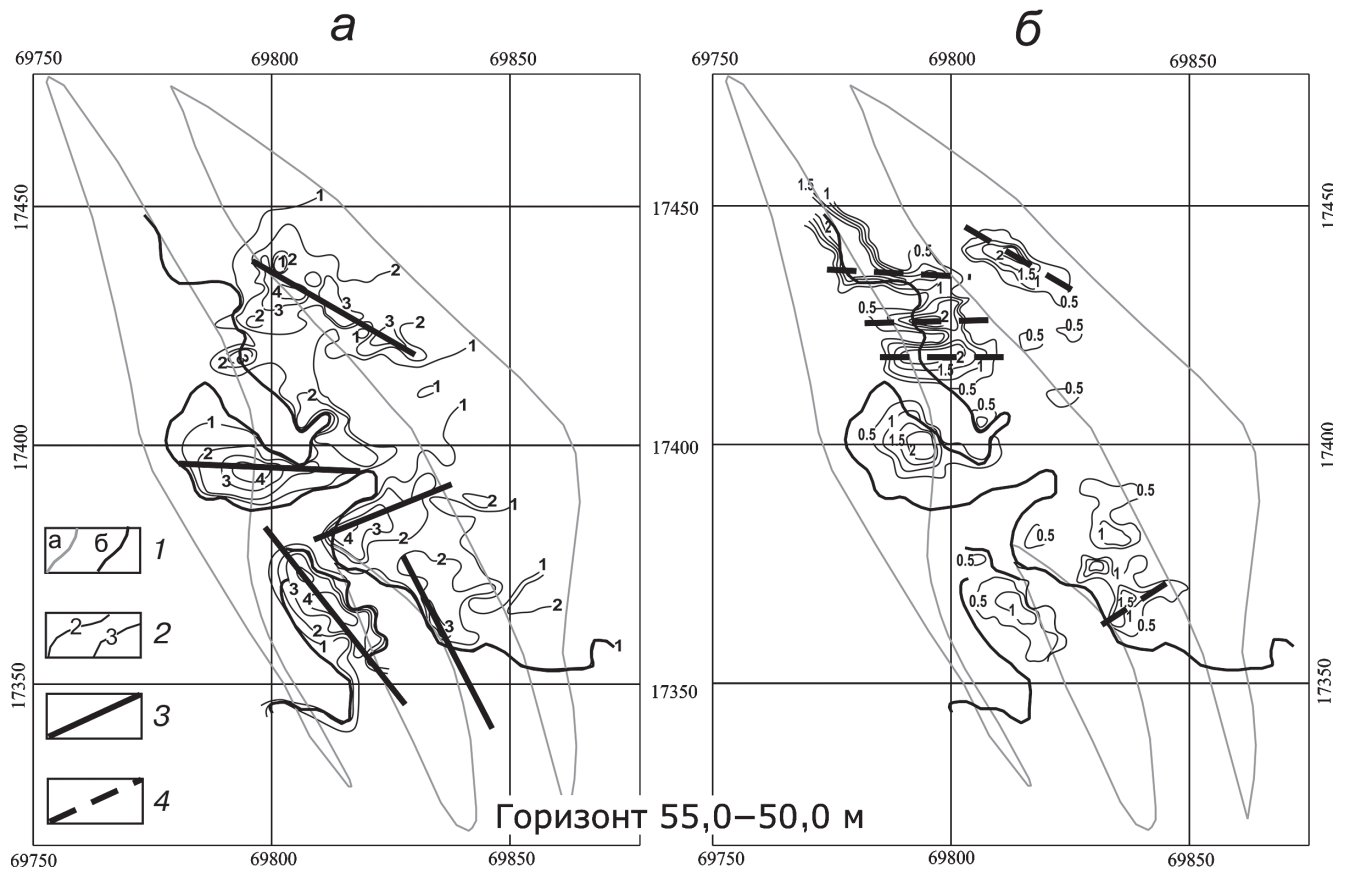


Рис. 7. Тренды высоких значений концентрации Cu и Zn по данным эксплуатационного опробования горизонта 55–50 м (составлено с использованием данных опробования Джусинского рудника): а — для меди, б — для цинка; 1 — границы рудных тел (а — по данным разведки, б — по данным отработки); 2 — изолинии содержания металлов, %; 3 — тренды высоких значений концентрации Cu, 4 — тренды высоких значений концентраций Zn

ние. Это связано с обработкой ранее выявленных рудных объектов.

Заключение. Установленные закономерности локализации богатых руд на месторождении, а также механизм их формирования в результате метаморфогенной ремобилизации первичных руд позволяют частично пересмотреть предыдущее заключение о том, что для формирования богатых рудных залежей необходимо экранирующее действие вышележащих пород основного состава (В.И. Воробьев, 1967).

Новая интерпретация позволит осознаннее подходить к поискам руд и ограничить области, благоприятные для локализации оруденения, сведя их к комбинации участков с максимальной концентрацией разновозрастных габбро-порфиров, с одной стороны, и пересечения меридиональных, северо-западных и северо-восточных тектонических нарушений — с другой. С первым

положением связано формирование первичных синвулканических руд, со вторым — их регенерация и перераспределение.

Составленная блок-диаграмма развития богатого оруденения Джусинского колчеданно-полиметаллического месторождения позволит дать обоснованный прогноз развития оруденения на глубину, ниже контура отработанного карьера, что поможет усовершенствовать начавшуюся недавно подземную добычу руд.

Обобщая полученные данные, представляется, что выявленный рудный столб погружается ниже контура отработанного карьера по азимутам 210–240°, под углами 70–80°. Структуры пересечения северо-западных и меридиональных тектонических нарушений на глубоких горизонтах Джусинского месторождения могут контролировать и другие рудные столбы, подобные установленному.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Викентьев И.В., Шишакова Л.Н., Магазина Л.О., Еремин Н.И.* Особенности минерального состава руд Джусинского колчеданно-полиметаллического месторождения (Ю. Урал) // *Металлогения древних и современных океанов—2007. Гидротермальные и гипергенные рудоносные системы.* Миасс: ИМин УрО РАН, 2007. С. 135–141.
- Добрецов Н.Л., Меляховецкий А.А., Ащепков И.В.* и др. Структурно-минералогические критерии метаморфогенного оруденения (на примере колчеданных месторождений). Новосибирск: Наука, 1987. 168 с.
- Еремин Н.И., Воробьев В.И., Петрова Г.С., Яковлев Г.Ф.* Теренсайский рудный район // *Палеозойский вулканизм и колчеданные месторождения Южного Урала.* М.: Изд-во Моск. ун-та, 1968. С. 177–208.
- Еремин Н.И.* Дифференциация вулканогенного сульфидного оруденения. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. 256 с.
- Знаменский С.Е.* Структурные условия формирования коллизионных месторождений золота восточного склона Южного Урала. Уфа: Гилем, 2009. 348 с.
- Косарев А.М., Артюшкова О.В.* Джусинский палеовулканический комплекс: стратиграфическое положение, геохимические особенности, геодинамические реконструкции // *Геологический сб. № 6 ИГ УНЦ РАН.* Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2007. С. 174–180.
- Мальковский В.И., Пэк А.А.* Влияние разрывных нарушений на процессы флюидного теплопереноса в земной коре. М.: ИФЗ РАН, 2014. 120 с.
- Маслов В.А., Артюшкова О.В.* Стратиграфия и корреляция девонских отложений Магнитогорской газоны Южного Урала. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 288 с.
- Ярцев Е.И., Викентьев И.В., Прокофьев В.Ю.* Минералого-геохимические свидетельства контактового преобразования руд Джусинского колчеданно-полиметаллического месторождения (Южный Урал) // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 4. Геология.* 2017. № 1. С. 39–44.
- Ярцев Е.И., Еремин Н.И., Викентьев И.В.* Субвулканические габбро-порфириды, интрузивные диориты и колчеданное оруденение Джусинского месторождения (Южный Урал) // *Докл. РАН.* 2017. Т. 476, № 2. С. 197–199.
- Rüller K., Trepmann C.A.* Stereo32. Version: 1.0.1. Germany, 2008.
- Vikentyev I.V., Belogub E.V., Novoselov K.A., Moloshag V.P.* Metamorphism of volcanogenic massive sulphide deposits in the Urals. *Ore geology // Ore Geol. Rev.* 2017. Vol. 85. P. 30–63.

Поступила в редакцию
30.11.2017