

МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

РАЗРЫВНАЯ ТЕКТНИКА
САФЬЯНОВСКОГО Zn–Cu-МЕСТОРОЖДЕНИЯ

© 2014 г. А. Ю. Кисин, М. Е. Притчин, В. Н. Удачин*

Сафьяновское месторождение открыто в 1985 г. и обрабатывается карьерным способом с 1994 г. По составу основных руд оно относится к сульфидному медно-цинковому типу. К настоящему времени предложено несколько моделей его геологической позиции и генезиса, различающихся в деталях, но близких в отношении определения типа месторождения и времени его формирования. Согласно этим моделям, месторождение отнесено к колчеданному типу, а время его образования оценивается D_2 – C_1 . Геологическое описание района и самого месторождения приведено в ряде публикаций [1, 4–6, 8 и др.]. Однако многие вопросы геологии и генезиса месторождения остаются дискуссионными. Особенно это относится к изучению разрывных нарушений на месторождении и их роли на рудоподготовительном, рудообразовательном и пострудном этапах. Подобные исследования проводились в основном на стадии разведки месторождения, по данным колонкового бурения и геофизики. В настоящее время глубина карьера достигает более 200 м, что позволяет наблюдать действительную структуру месторождения непосредственно в его бортах.

Месторождение расположено в Восточно-Уральской мегазоне Среднего Урала и приурочено к южной части Режевской структурно-формационной зоны (СФЗ) субмеридионального простирания. На западе она граничит с Мурзинско-Адуйским, а на востоке – с Красногвардейским гранитоидными блоками. Границы тектонические. В строении Режевской СФЗ участвуют вулканогенные, вулканогенно-осадочные и карбонатно-терригенные комплексы девон-нижекаменноугольного возраста [3, 4, 8 и др.]. Выделяются три тектонических пластины, разделенные *надвигами, падающими на запад* под углом 25–45°: Останинская, Бороухинская и Мелкозеровская [3, 4]. К южной части Бороухинской пластины приурочено Сафьяновское месторождение, которое, по мнению [3, 4], находится в первичном залегании. Формирование надвигов отнесено к раннекаменноугольному времени и связывается с коллизией дуга–микроконтинент. Однако на геологической карте района месторождение находится в горстовой структуре (рис. 1): блоки пород девон-

ского возраста окружены каменноугольными отложениями, что вызывает закономерные вопросы, поскольку надвигами одной вергентности трудно создать горстовую структуру.

С юго-запада рудное поле перекрывается гипербазитами Режевского массива, для которого предполагается шарьяжная природа. Сафьяновское месторождение также включено в состав “клипа альпинотипного шарьяжа” (ретрошарьяжа, с перемещением месторождения на 100–120 км на восток) [1, 8]. Режевским шарьем и Сафьяновским надвигом рудное поле разделено на три тектонических пластины: Кондихинскую, Сафьяновскую и Восточно-Сафьяновскую. Р.Г. Язева и др. [1, 8] выделяют два типа руд: *ранние*, вулканогенно-осадочные, связанные с затухающим островодужным толеитовым вулканизмом D_2e ; *поздние*, гидротермально-метасоматические, связанные с живетским (?) вулканизмом андезитодацитовых формаций. В этой модели еще меньше места для горстовой структуры.

В.А. Прокин с соавторами [6] связывают месторождение с эксплозивными брекчиями, заполнившими образовавшуюся после взрыва депрессию вблизи жерла вулкана. Они поддержали идею “ретрошарьяжа” и предположили, что на коллизционном этапе рудное тело было перемещено к востоку и испытало вращение. Этим объясняется наблюдаемая зональность: медно-цинковые руды оказались в восточной части рудного тела. Как видим, и здесь нет места горстовой структуре.

Таким образом, хотя разрывная тектоника на Сафьяновском месторождении обсуждалась всеми исследователями, но ее роль в формировании и преобразовании рудных тел осталась недоизученной и принимается большинством как пострудная. При этом горстовая структура почему-то не обсуждается. Одним из авторов [2] образование горста объяснялась формированием тектонических клиньев и мегабрекчированием в осевой части блока отрицательного изгиба (здесь Режевская СФК), в условиях одноосного горизонтального сжатия вкрест простирания уральских структур в позднепалеозойское время. Это подтверждается и данными сейсмических исследований [7], согласно которым система клиньев распространяется до глубины 8–10 км.

*ИМин УрО РАН, г. Миасс.

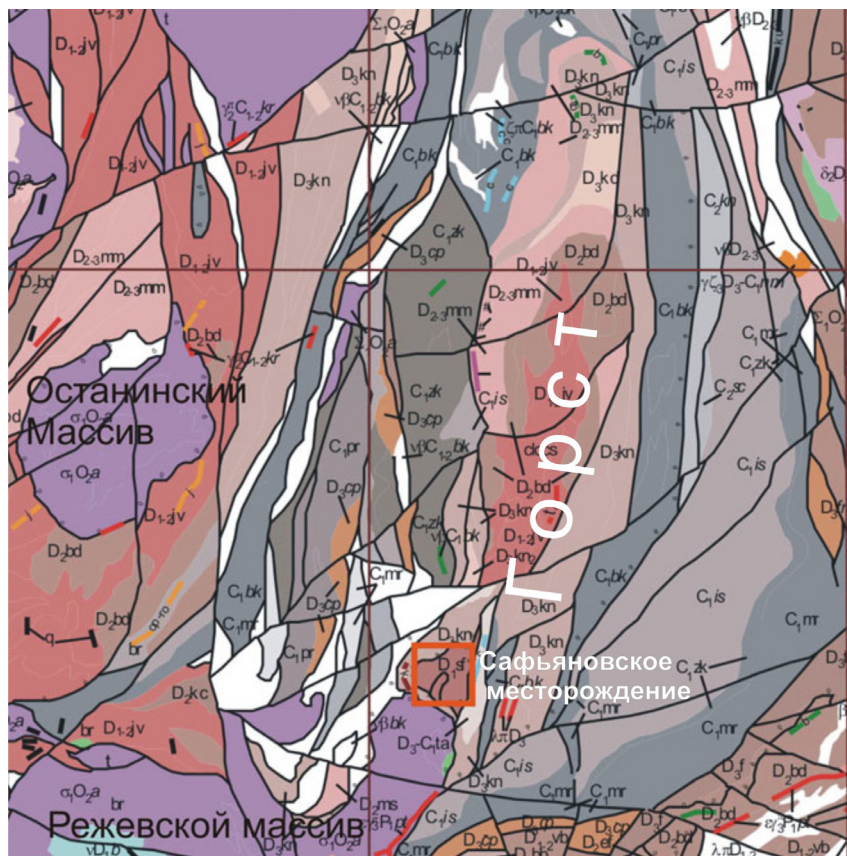


Рис. 1. Фрагмент геологической карты масштаба 1:50 000 (Коровко и др., 1989 г.).

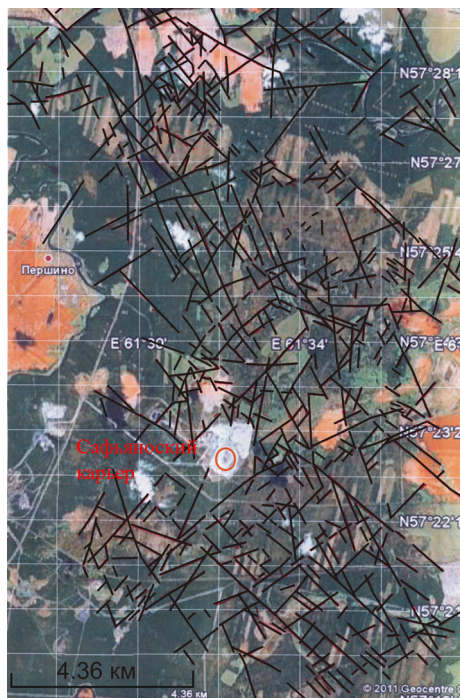


Рис. 2. Линеamentная сеть ближайшего окружения Сафьяновского месторождения по результатам дешифрирования космоснимка Интернет-ресурса Google Планета Земля.

Наши исследования разрывной тектоники на месторождении заключались в дешифрировании космоснимков карьера и его окружения (Интернет-ресурсы <http://maps.yandex.ru/> и Google Планета Земля), маршрутном обследовании площади и документации бортов карьера. Космоснимки имеют достаточно высокое разрешение, позволяющее дешифрировать наиболее крупные линементы, которые нередко фиксируют крупные трещины (рис. 2). Большинство их диагностируются по изменению цвета фототона, вызванного гидротермально-метасоматическим изменением пород околотрецинного пространства и гидродинамическим режимом. Осложняют дешифрирование сильная заlesenность и техногенные ландшафты. При документировании бортов карьера основные проблемы заключались в необходимости использования дистанционных методов и в ограничениях, связанных с непрерывным технологическим циклом производства.

В пределах карьера предыдущими исследованиями выделены Сафьяновский и Восточный разломы [3, 4, 6]. Сафьяновский разлом (Западный, по Р.Г. Язевой с соавторами [8]) ограничивает месторождение с запада, а Восточный с востока. Анализируя результаты линеamentного дешифрирования космоснимков (рис. 3), отметим, что на площади карьера не выявлено крупных тектонических нару-

шений, которые ограничивали бы месторождение. Выделяемый здесь Восточный разлом, описанный ранее одним из авторов [2], отчетливо проявлен только на верхних уступах северо-восточного борта карьера, а к югу он теряется среди множества других крупных трещин близкого простирания. Сафьяновский (Западный) разлом на космоснимке также идентифицировать не удалось ввиду большого количества одноранговых линеаментов. В общем виде крупные трещины подчиняются ортогональной и диагональной системам и в совокупности с мелкой трещиноватостью, вероятно, могут рассматриваться как результат горизонтального сжатия по нескольким направлениям одновременно.

При осмотре бортов карьера прежде всего бросается в глаза сильная тектоническая нарушенность пород. Преобладает мелкая трещиноватость: от волосовидных трещин до относительно крупных, прослеживающихся на сотни метров. Ориентировка трещин в пространстве всевозможная. В то же время они группируются в системы, подчиненные влиянию более крупных трещин. Линеаментная сеть, полученная дешифрованием космоснимков, хорошо совпадает с данными натурных наблюдений по крутопадающим трещинам. По кинематике среди разрывных нарушений резко преобладают малоамплитудные взбросы и надвиги различного простирания и падения. При этом поверхности сместителей нередко искривленные, осложненные многочисленными “буграми” и “впадинами”. Зеркала скольжения присутствуют фрагментарно на поверхностях различной ориентировки, и борозды скольжения часто ориентированы несогласованно. Это указывает на существование очень неоднородного поля тектонических напряжений с частой переиндексацией осей. Такая картина соответствует площадному мегабрекчированию при горизонтальном сжатии по нескольким направлениям в условиях низких литостатических нагрузок (зона хрупких деформаций). На наличие “объемной трещиноватости” на месторождении указывают и другие исследователи [3, 4]. Кроме надвигов и взбросов в карьере широко распространены сдвиги как правые, так и левые, а также всевозможные комбинации взбросов и сдвигов. Наблюдались сдвиги и взбросо-сдвиги, срезающие рудные тела. Жильные образования распространены достаточно широко, но неравномерно. Обычно это маломощные прямолинейные протяженные жилки карбонатного состава. Ориентировка их различна, но преобладает субширотная при крутом падении (трещины скалывания). Иногда встречаются жилы карбонатов мощностью до 10–20 см и сложного залегания. Наблюдались относительно крупные разрывные нарушения, залегающие субгоризонтально. Широким распространением пользуются тектонические брекчии.

Среди многообразия трещин в бортах Сафьяновского карьера особый интерес вызывают трещины,

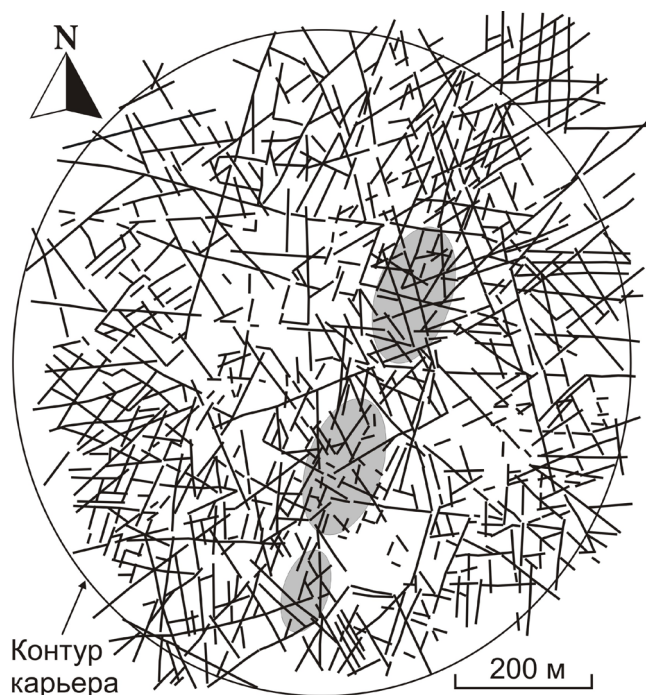


Рис. 3. Линеаментная сеть Сафьяновского карьера по результатам дешифрования космоснимка Интернет-ресурса Google Планета Земля.

образующие клинья или систему клиньев с остриями, направленными вниз (рис. 4). Они наблюдаются в разных частях карьера, но особенно в северной и северо-западной. Здесь преобладают три системы трещин: 1) угол падения $35^\circ (\pm 5^\circ)$ по азимуту $170^\circ (\pm 10^\circ)$ ЮЮВ; 2) угол падения $40^\circ (\pm 5^\circ)$ по азимуту $360^\circ (\pm 10^\circ)$ на север; 3) угол падения $60^\circ (\pm 5^\circ)$ по азимуту $135^\circ (\pm 10^\circ)$ ЮВ. Несколько южнее по северо-западному борту карьера преобладают трещины с углом падения $40\text{--}50^\circ$ по азимуту 310° СЗ и $25\text{--}50^\circ$ по азимуту 140° ЮВ. Все эти трещины прямолинейные, нередко кулисообразные. Зеркала скольжения наблюдаются исключительно редко. Глинка трения не наблюдалась. Поверхность бортов трещин мелкоступенчатая, сформированная системой кулисообразно расположенных трещин скалывания R-типа и отрыва. Все это указывает на сколовый характер трещин в СЗ борту карьера и отсутствие значимых смещений по ним. Трещины и соответственно образуемые ими тектонические клинья ранжированы по размерам: крупные клинья с размахом на всю глубину карьера содержат подобные клинья меньших размеров, а те в свою очередь содержат еще более мелкие клинья и т.д., вплоть до размеров обычного образца.

Характер трещиноватости пород в северо-восточном борту карьера, по простиранию (восстанию) рудных тел принципиально иной (рис. 5). Это сложнопостроенная тектоническая зона шириной около 200 м северо-восточного простира-



Рис. 4. Система тектонических клиньев в северо-западном борту карьера.

ния. Восточная граница зоны проводится по Восточному разлому, а западная – по Сафьяновскому разлому, выделенным по результатам бурения. В карьере идентифицировать эти разломы оказалось затруднительно, поскольку им соответствуют только крупные трещины в северо-восточном борту. Внутри этой зоны наблюдаются трещины раз-

личной величины и ориентировки, с преобладанием северо-западной и северо-восточной. Имеются также крупные трещины субширотного простирания и извилистые трещины субгоризонтальной ориентировки. Многие трещины обводнены. Воды минерализованные, часто окрашены в красно-коричневые или голубовато-зеленоватые цвета. Химический состав их меняется даже в соседних трещинах, что объясняется составом дренируемой ими среды. Породы химически и физически сильно дезинтегрированы, осветлены и аргиллитизированы. На поверхности часто наблюдаются выцветы купороса. Эта зона прослеживается через весь карьер, и в ней расположены все промышленные рудные тела, вскрытые карьером, но в юго-западном борту ширина ее не превышает 100 м.

Массовые замеры трещиноватости пород в бортах карьера, рудных телах и околорудном пространстве дают сложную картину. Линеаментная сеть, полученная дешифрированием космоснимка, полностью подтверждается натурными наблюдениями и в целом может служить основой для структурных построений. Но она почти не отражает наклонные, пологие и субгоризонтальные трещины. Дешифрированием невозможно выделить и тектонические сильноизвилистые трещины, которых в бортах карьера оказалось достаточно много. Для них весьма характерны небольшие зеркала скольжения с различной ориентировкой штрихов на смежных фрагментах одной поверхности. По кинематике резко преобладают малоамплитудные взбросы и надвиги различной вергентности и масштабов. Непосредственно к востоку от рудных тел наблюдается зона крупных трещин субмеридионального простирания (азимут паде-



Рис. 5. Сложнопостроенная рудовмещающая тектоническая зона.

ния 270°, угол 70–80°) с признаками правого или левого сдвига, а иногда – взброса.

Трещиноватость на месторождении лучше всего объясняется брекчированием и мегабрекчированием пород в малоглубинных условиях при латеральном сжатии по нескольким направлениям (скупивание). Пока трудно судить о взаимоотношениях трещинной тектоники на месторождении с рудой, поскольку рудные тела почти всегда находятся в полостях карьера, а сама руда разрыхлена взрывами. Мелкая трещиноватость пород возрастает по мере приближения к рудным телам. Кроме того, в зоне контакта с рудными телами вмещающие породы обычно испытали интенсивное химическое разложение. В юго-западном борту карьера наблюдался субмеридиональный правый сдвиг, пересекающий тело руды существенно сфалеритового состава.

Разрывная тектоника в карьере Сафьяновского месторождения проявлена исключительно интенсивно. Резко преобладают малоамплитудные взбросы, надвиги, сдвиги и взбросо-сдвиги различного простирания и падения. По кинематике все они отвечают условиям всестороннего латерального сжатия в малоглубинных условиях. Образование брекчий, мегабрекчий и тектонических клиньев Сафьяновского рудного поля непротиворечиво объясняется с позиций модели блоковой складчатости земной коры.

Кольцевых, дугообразных и радиальных линейментов или разрывных нарушений, характерных для кальдер и депрессий вулканических построек, в Сафьяновском карьере не обнаружено.

Признаков перемещения, вращения или запрокидывания месторождения не выявлено. Представления А.В. Коровко и Д.А. Двоеглазова [3] о нахождении месторождения в первичном залегании подтверждается. Обогащение юго-западного фланга месторождения цинком обусловлено, вероятно, составом и эволюцией флюидов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Интеграционного проекта УрО РАН № 12-И-5-2060.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бочкарев В.В., Пучков В.Н., Язева Р.Г. Колчеданное оруденение в позднепалеозойском ретрошарьяже на Среднем Урале // Докл. АН СССР. 1991. Т. 317, № 3. С. 684–688.
2. Кисин А.Ю. Структурная позиция и время образования прожилково-вкрапленных руд Сафьяновского Zn-Cu месторождения (Средний Урал) // Литосфера. 2009. № 5. С. 72–84.
3. Коровко А.В., Двоеглазов Д.А. О позиции Сафьяновского рудного поля в структурах Режевской структурно-формационной зоны (Средний Урал) // Геодинамика и металлогения Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. С. 151–152.
4. Коровко А.В., Двоеглазов Д.А., Лещев Н.В. и др. Сафьяновское медно-цинковое колчеданное месторождение (Средний Урал) // Геодинамика и металлогения Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. С. 152–153.
5. Коротеев В.А., Язева Р.Г., Бочкарев В.В. и др. Геологическая позиция и состав Сафьяновского меднорудного месторождения на Среднем Урале // Путеводитель геологических экскурсий. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1997. 54 с.
6. Прокин В.А., Буслаев Ф.П., Молошаг В.П., Малинин В.А. Геология Сафьяновского медноколчеданного месторождения (по результатам картирования карьера) // Ежегодник-2001. ИГГ УрО РАН. Информ. сб. науч. тр. Екатеринбург: УрО РАН, 2002. С. 276–281.
7. Соколов В.Б., Силин В.А., Аверкин Ю.П., Рыбалка А.В. Глубинное строение коры Среднего Урала (по результатам геофизических исследований на Черноисточинско-Алапаевском профиле) // Земная кора и полезные ископаемые Урала: Сб. науч. трудов. Екатеринбург: УИФ “Наука”, 1993. С. 16–29.
8. Язева Р.Г., Молошаг В.П., Бочкарев В.В. Геология и рудные парагенезисы Сафьяновского колчеданного месторождения в среднеуральском ретрошарьяже // Геология руд. месторождений. 1991. Т. 33, № 4. С. 47–58.