

ПАЛЕОВУЛКАНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ КОЛЧЕДАННОГО ОРУДЕНЕНИЯ АКЖАРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

PALEOVOLCANIC CONDITIONS OF MASSIVE SULPHIDE MINERALIZATION FORMATION OF AKZHARSKOYE ORE FIELD (SOUTHERN URALS)

М. В. Рыкус
Mikhail V. Rykus

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет, филиал,
г. Салават, Российская Федерация

Ufa State Petroleum Technological
University, Branch,
Salavat, Russian Federation

В. И. Сначёв
Vladimir I. Snachev

Институт геологии,
Уфимский федеральный
исследовательский центр РАН,
г. Уфа, Российская Федерация

Institute of Geology,
Ufa Federal Research Centre
of Russian Academy of Sciences,
Ufa, Russian Federation

В статье рассмотрено геологическое строение и палеовулканические условия формирования колчеданных месторождений и проявлений Акжарского рудного поля, расположенного в пределах Джусинско-Домбаровского палеовулканического пояса. Показано, что в строении рудовмещающего вулканогенного комплекса участвуют три толщи: нижняя базальтовая, риолит-базальтовая и верхняя базальтовая. Палеовулканогеологический анализ комплекса позволил реконструировать следующие вулканические структуры: 1) Акжарский щитовой вулкан; 2) Акжарская кальдера; 3) постройки риолит-базальтового состава; 4) Алимбайская депрессия; 5) Тюлькубайская депрессия. Представлена история развития данных структур.

Показано, что выделенные структуры хорошо отображаются в физических полях — область накопления вулканитов отличается повышенным градиентом силы тяжести, отрицательные его значения характерны для участков со значительной мощностью терригенных отложений.

Доказано отнесение колчеданных объектов Акжарского рудного поля к уральскому типу. При этом они обладают рядом специфических особенностей, сходных с месторождениями домбаровского типа. Руды сформировались в период проявления кислого вулканизма и размещаются на едином стратиграфическом уровне, маркируемом риодацитовыми телами.

Установлено, что палеоструктура вулканогенных комплексов обусловлена сочетанием синвулканических структур трех порядков. Наиболее крупные из них — структуры первого (щитовые вулканы, реликты вулканических гряд) и второго (кальдерные депрессии, отдельные аппараты центрального типа) порядков, отвечают соответственно вулканогенным комплексам и рудным полям. Размещение колчеданных месторождений и рудных тел контролируется структурными элементами третьего порядка — вулcano-тектоническими депрессиями, локальными базальт-риодацитовыми постройками и вершинными кальдерами вулканокупольных построек.

Ключевые слова

Акжарское рудное поле,
колчеданная руда,
палеовулканическая карта,
кальдера,
щитовой вулкан, формация

The article considers the geological structure and paleovolcanic conditions for the formation of massive sulphide deposits and ore mineralizations of the Akzharskoye ore field located within the Dzhusinsko-Dombarovsky paleovolcanic belt. It is shown that three strata participate in the structure of the ore-bearing volcanogenic complex: lower basaltic, rhyolite-basalt and upper basaltic. Paleovolcanological analysis of the complex made it possible to reconstruct the following volcanic structures: 1) Akzharskoye shield volcano; 2) Akzharskaya caldera; 3) rhyolite-basalt volcanic apparatus; 4) Alimbayskaya depression; 5) Tyulkubayskaya depression. The history of the development of these structures is detailed in the work.

It is shown that the structures are well mapped in physical fields — the volcanic accumulation region differs by an elevated gradient of gravity, its negative values characterize areas with a significant thickness of terrigenous deposits.

The assignment of massive sulphide objects of the Akzharskoye ore field to the Urals type is proved. Moreover, they possess a number of specific features similar to those of the dombarovsky type. The ores were formed during the activity of acidic volcanism and are located on a single stratigraphic level marked by rhyodacitic bodies.

It is established that the paleostructure of volcanic complexes is due to the combination of three-order synvolcanic structures. The largest of them are the structures of the first (shield volcanoes, relics of volcanic ridges) and the second (caldera depressions, separate apparatus of the central type) of orders, correspond respectively to volcanogenic complexes and ore fields. Placing of pyrite deposits and ore bodies is controlled by third-order structural elements — volcanic-tectonic depressions, local basalt-rhyodacite structures and vertex calderas of volcanic-dome apparatus.

Вопрос диагностики древних вулканических структур решается путём выделения и анализа площадного распределения определенных фациальных типов пород. Однако в тех областях развития вулканизма, где его продукты характеризуются исключительно лавовым профилем с крайне ограниченным набором фациальных разновидностей пород, выявление конкретных элементов палеоструктур затруднено. В этом случае важное значение для палеовулканических реконструкций приобретает комплекс вспомогательных методов, в частности анализ мощностей вулканических толщ различного состава, изучение петрографического, химического составов и структурно-текстурных особенностей вулкаников, интерпретация различных видов геофизических работ [1–8].

Сказанное в полной мере относится к рассматриваемому району, в пределах которого элементы вулканических построек могут быть достаточно достоверно установлены только при геологическом картировании с использованием перечисленного комплекса методов.

Авторами проведено крупномасштабное картирование рудных полей и отдельных месторождений с привлечением и обобщением геологических материалов производственных организаций [9–13] и в итоге составлена схематическая палеовулканическая карта района

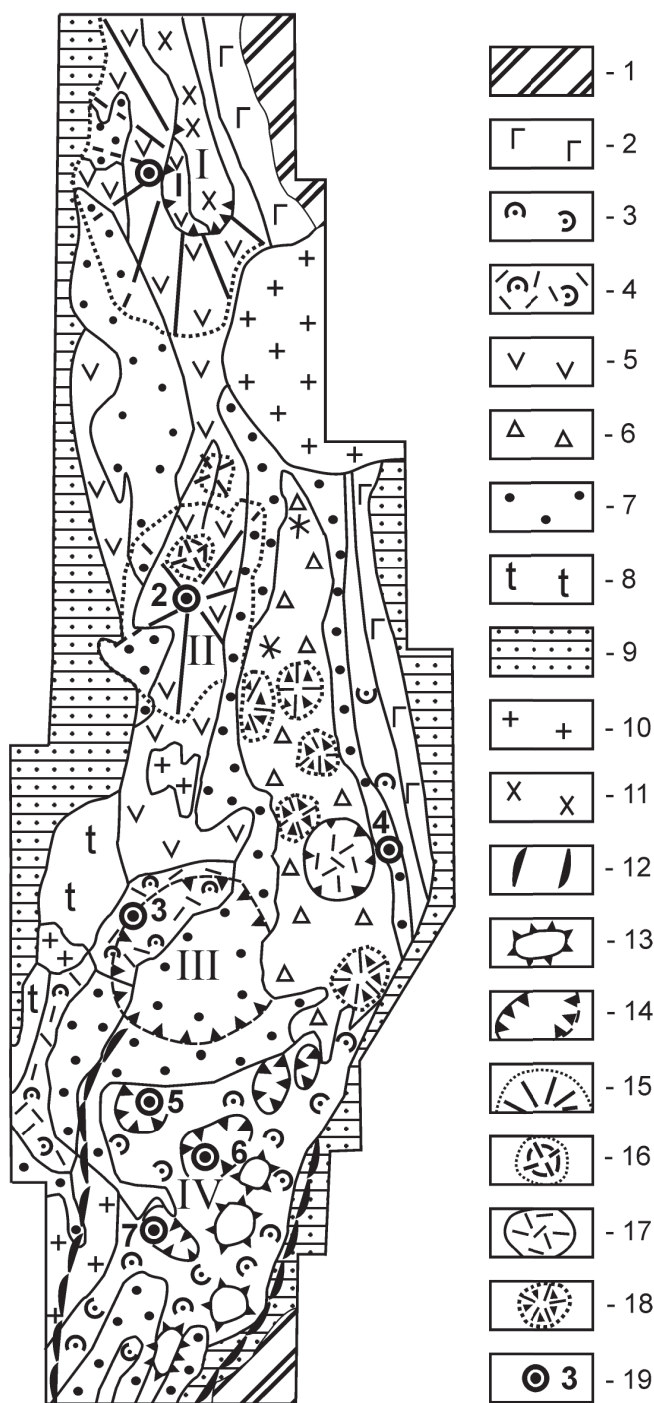
Key words

Akzharskoye ore field, sulphide ore, paleovolcanic map, caldera, shield volcano, formation

(с использованием материалов П.В. Лядского) [14] (рисунок 1). Её рассмотрение позволяет заключить, что палеоструктура вулканических комплексов определяется сочетанием синвулканических положительных и отрицательных элементов разных порядков. Наиболее крупными из них являются щитовые вулканы и вулканические гряды, которые выделяются как структуры первого порядка и осложняющие их более мелкие структурные формы, классифицируемые в качестве структур второго и третьего порядков.

Анализ условий размещения колчеданных месторождений района показывает, что последние могут быть пространственно приурочены к вулканикам как основного, так и кислого составов. Причем кислые породы в структурном отношении являются составными элементами как положительных, так и отрицательных вулканических форм, что необходимо учитывать при прогнозировании колчеданного оруденения.

В составе рудного поля с юга на север выделяются пять колчеданных рудопроявлений: Южное, Южно-Акжарское, Новое, Безымянное и Бурожелезняковое. Все они в разрезе рудоносного комплекса сосредоточены на едином литолого-стратиграфическом уровне, но отличаются друг от друга деталями строения, масштабом и минеральным составом оруденения.



Условные обозначения: 1 — верхнепротерозойско-нижнекембрийские биотитовые гнейсы и плагиогнейсы Восточно-Уральского поднятия; 2–9 — вулканогенные формации: 2 — кремнисто-терригенно-трахибазальтовая (Pz1), 3 — базальтовая (D2ef), 4 — риолит-базальтовая (D2ef), 5 — базальт-андезит-дацит-риолитовая (D2ef), 6–7 — андезито-базальтовая: 6 — кутебайская толща, 7 — верхнекукбуктинская толща (D2ef); 8 — трахибазальтовая (D3-C1t1v1), 9 — прибрежно-морской угленосной молассы (C1t1v1). Интрузивные формации: 10 — мигматит-гнейсо-гранитовая (D3-C1t1) и габбро-диорит-сиенит-гранитовая (Pz3), 11 — габбро-диорит-плагиогранитовая (D3fr); 12–18 — вулканические структуры: 12 — Джайлганский базальтовый щитовой вулкан, 13 — базальтовые вулканические поднятия (малые щитовые вулканы); 14 — границы кальдерных депрессий: а — установленные, б — предполагаемые; 15 — стратовулканы базальт-андезит-дацит-риолитового состава, 16 — эффузивно-пирокластические постройки существенно кислого состава, 17 — постройки центрального типа с вершинной кальдерой, выполненной кислыми породами андезито-базальтовой формации, 18 — стратовулканы базальт-андезитобазальтового состава; 19 — месторождения: 1 — Джусинское, 2 — Барсучий Лог, 3 — Акжарское, 4 — Зимнее, 5 — Летнее, 6 — Осеннее, 7 — Левобережное. I–IV — номера крупных вулканических структур: I — Джусинский стратовулкан, II — стратовулкан Барсучий Лог, III — Акжарская кальдера, IV — Джайлганский щитовой вулкан

Рисунок 1. Схематическая палеовулканологическая карта района

Фактической основой для палеовулканологических реконструкций явилось детальное картирование отложений рудного поля, проведенное авторами в пределах всех известных рудопоявлений.

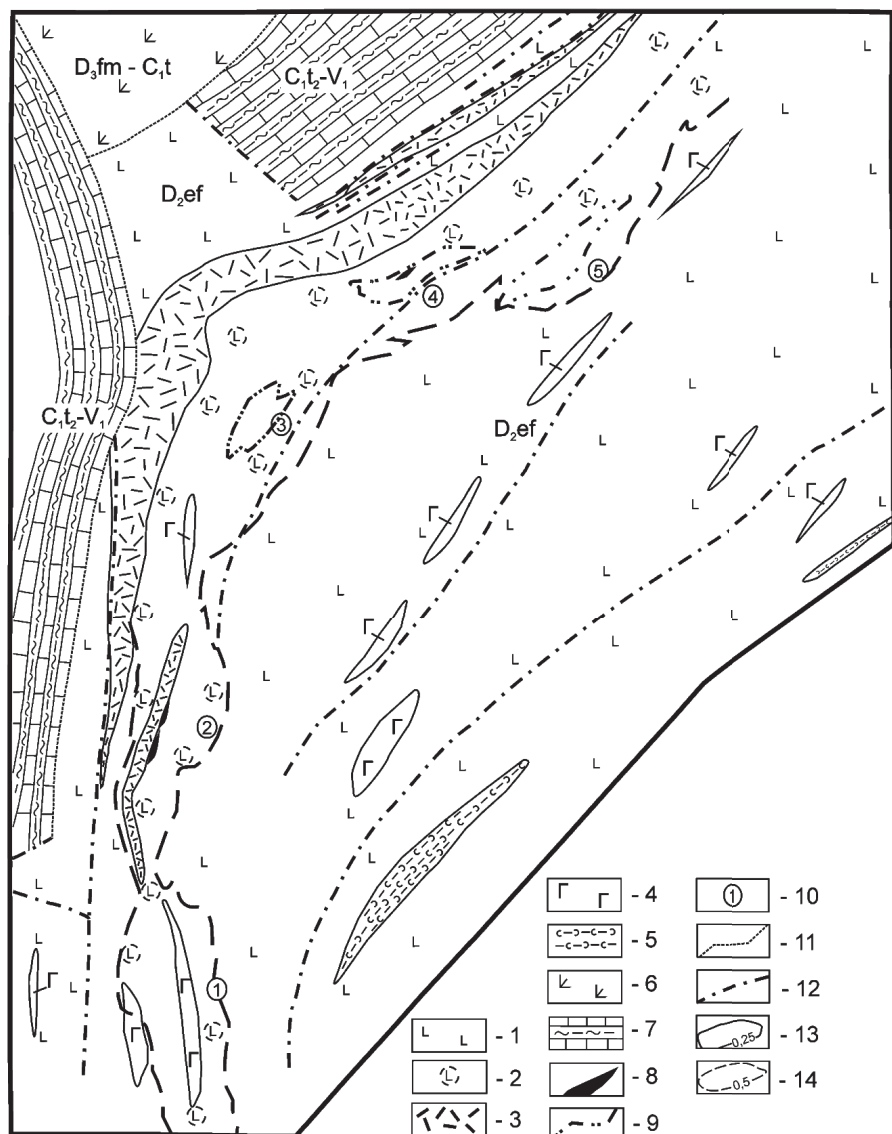
Акжарское рудное поле, занимающее западную часть Джусинско-Домбаровского палеовулканического пояса, сложено вулканогенными породами эйфельского возраста, которые с севера граничат с вулканитами джусинского комплекса, а с юга и востока перекрыты вулканогенно-осадочными отложениями верхнекукбуктинской толщи. Западная

половина рудного поля по тектоническому нарушению граничит с более молодыми (C1t1v1) отложениями вулcano-терригенной толщи Акжарского грабена (рисунок 2).

Геологический разрез рудного поля слагают следующие породы (снизу вверх):

1) массивные афировые и пироксен-плагиофировые базальты нижней базальтовой толщи (до 500 м);

2) эвтакситовые базальты с горизонтами кислых тел риодацит-базальтовой толщи (до 600 м);



Условные обозначения: 1 — массивные афировые базальты; 2 — эвтакситовые афировые базальты; 3 — дациты, риодациты; 4 — габбро, габбро-диабазы; 5 — кремнистые сланцы, железистые кварциты; 6 — диабазы, массивные базальты, пикритобазальты; 7 — известняки, кремнисто-известковистые и углеродисто-кремнистые сланцы; 8 — колчеданные тела; 9 — ареал распространения кислых (внемасштабных) тел; 10 — рудопоявления: 1 — Южное, 2 — Южно-Акжарское, 3 — Новое, 4 — Безмянное, 5 — Бурожелезняковское; 11-12 — тектонические нарушения: 11 — надвиг, 12 — зоны интенсивного расщепления и дробления пород; 13-14 — локальные аномалии Δg и их значения: 13 — положительные, 14 — отрицательные

Рисунок 2. Схематическая геологическая карта Акжарского рудного поля

3) массивные афировые и пироксен-плагиофировые базальты верхней базальтовой толщи (до 600 м).

Отложения вулканогенного комплекса характеризуются значительным постоянством петрографического и фациального составов с резким преобладанием эффузивных фаций, подводным излиянием базальтовой магмы, давшей афировые разности вулканитов эвтакситового строения, почти полным отсутствием вулканогенно-осадочных образований, свидетельствующим о повышенной тектонической и магматической активности, широким развитием субвулканических тел основного состава.

Современная структура рудного поля представляет собой глубоко эродированную крутопадающую на восток моноклираль. Отложения рудоносного комплекса интенсивно расщеплены, характеризуются наличием мелких изоклинальных складок, осевые плоскости которых запрокинуты на запад. Судя по преобладающей ориентировке текстур раздавливания и сланцеватости в вулканитах, направление главных сжимающих усилий носило субширотный характер. Большую роль играют разломы — северо-восточные и северо-западные сколы и поздние надвиги, обусловившие блоковое строение рудного поля. Наиболее эродирована северная часть рудоносного комплекса, где колчеданная минерализация выведена на поверхность и представлена развалами бурых железняков, а кислые тела риодацит-базальтовой толщи малочисленны и быстро выклиниваются по падению.

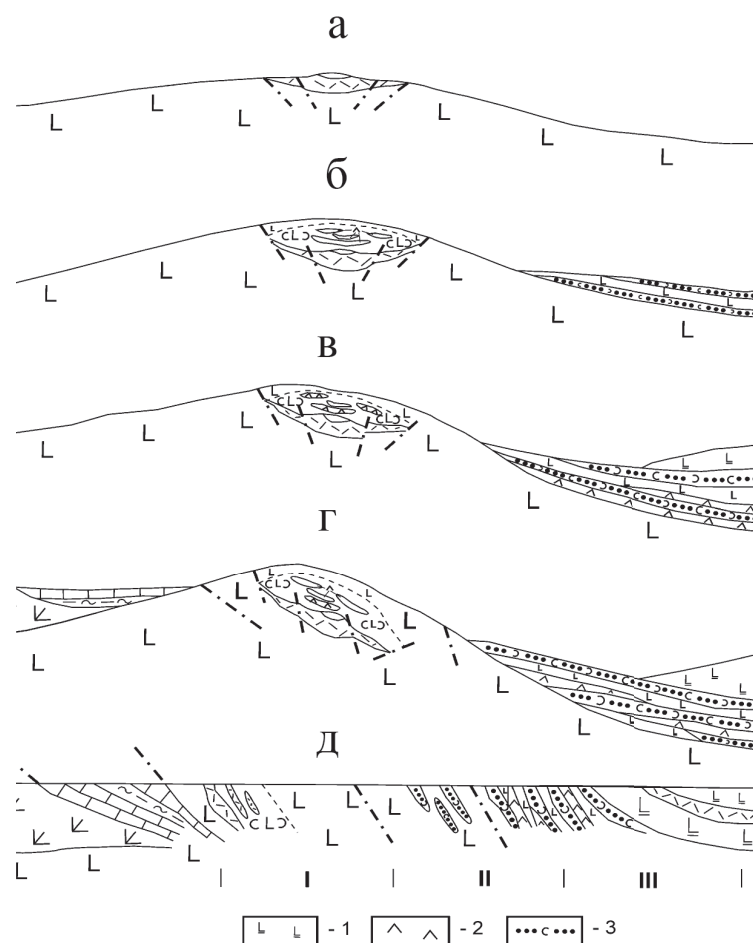
На западе площадь распространения пород вулканогенного комплекса ограничена надвигом, падение смесителя которого в центральной части рудного поля восточное под углом 70° , азимут простирания 10° . К северу азимут простирания плоскости надвига достигает 60° , а углы падения смесителя выволаживаются до $40-50^\circ$. Амплитуда перемещения по надвигу не поддается точной оценке, но может составлять до тысячи метров. Палеовулканологический анализ рудоносного риодацит-базальтового комплекса и смежных с ним отложений позволил реконструировать следующие вулканические структуры: 1) Акжарский щитовой вулкан (вулканическое палеоподняtie); 2) Акжарская кальдера; 3) постройки риодацит-базальтового состава Акжарской кальдеры; 4) Алимбайская депрессия; 5) Тюлькубайская депрессия.

Акжарский щитовой вулкан (вулканическое палеоподняtie) — эффузивная постройка диаметром около 15 км, сформировавшаяся на начальных этапах накопления вулканогенного комплекса. Щитовой вулкан деформирован, его восточная (большая) часть наклонена к востоку и перекрыта мощной толщей вулканогенно-осадочных отложений. Основание палеовулкана в полном объеме нигде не установлено, его фрагменты известны в западной части рудного поля в виде тектонических блоков, сложенных отложениями нижней базальтовой толщи — преимущественно лавовыми потоками массивных базальтов и диабазов, образовавшихся в результате трещинных излияний.

Акжарская кальдера, охватывающая вершинную часть одноименного щитового вулкана, контролирует положение всех колчеданных рудопроявлений. Её диаметр составляет около 8 км. В истории развития кальдеры выделяются синвулканический и поствулканический этапы, каждый из которых показан на серии палеореконструкционных разрезов (рисунок 3).

В синвулканический этап (рисунок 3 а-в) накопление базальтов нижней толщи, слагающих основание Акжарского щитового вулкана, завершилось кальдерообразованием, сопровождавшимся активным проявлением ранних фаз кислого вулканизма. В этот период образовался основной объём кислых эффузивов риодацит-базальтовой формации. Анализ мощностей риодацит-базальтовой толщи показывает, что положение главного центра кислого вулканизма соответствовало максимально прогнутой части кальдерной депрессии. Здесь суммарная мощность кислых вулканитов, образующих пологий купол, достигает своего максимума 300 м.

В бортах кальдеры (к югу и северу от её основания) мощность риодацитового тела постепенно сокращается, вплоть до полного его выклинивания в южной части структуры. Эпизодическое развитие в пределах кислого тела терригенного материала и его незначительная мощность (1–2 см) указывают на то, что формирование кислых эффузивов сопровождалось кратковременными перерывами, во время которых происходило частичное разрушение кровли отдельных лавовых потоков. В период становления кислые породы подверглись интенсивной автотермальной гидротермальной переработке с образованием в них мощного ореола метасоматитов



Условные обозначения: 1 — пироксен-плагиоклазовые базальтовые порфириты, 2 — андезито-базальты, 3 — кремнистые туффиты; I–III — структурные элементы: I — Акжарское поднятие, II — Тюлькубайская депрессия, III — Кутебайское поднятие. Остальные условные обозначения на рисунке 2

Рисунок 3. Палеореконструкционные разрезы Акжарского рудного поля

хлорит-кварц-серицитового состава. Подобные гидротермально-метасоматические изменения (пиритизация, окварцевание и т. д.) отмечались нами и в углеродистых отложениях с повышенным содержанием золота [15–17].

В поствулканический этап развития (рисунок 3 г-д) в результате интенсивного бокового сжатия первоначальная кальдерная структура рудного поля была подвергнута деструкции, рудоносный вулканогенный комплекс смещен по надвигу и приобрел наклонное положение с устойчивым падением на восток под углами 50–80°. Постройки риодацит-базальтового состава, основным признаком которых является повышенная концентрация этажно расположенных в разрезе кислых тел, рассредоточены вдоль западного борта Акжарской кальдеры.

В продольном сечении рудоносный риодацит-базальтовый комплекс имеет линзовидно-поясовое строение. Максимальные

мощности отложений эвтакситовых базальтов пространственно совпадают с участками повышенной концентрации кислых тел и местоположением рудных залежей. Этот факт позволяет утверждать, что эффузивный внутрикальдерный магматизм протекал в условиях разобренных вулканических аппаратов, определивших очаговый характер размещения продуктов их деятельности. Базальты эвтакситовой текстуры, слагающие вулканические постройки, представлены лепешечными и ленточными разновидностями, образующими закономерно построенные ритмично-зональные потоки мощностью от 2–5 до 30 м. Ритм начинается массивными базальтами, слагающими основание потоков, затем следует серия лепешечных лав, у которых размеры лепешек постепенно уменьшаются по направлению к кровле лавовых потоков. В этом же направлении увеличивается объем цементирующего материала.

Алимбайская и Тюлькубайская линейные депрессии имеют сходное строение и представляют собой конседиментационные структуры, близкие к межвулканическим прогибам, с характерными для них фациями промежуточной и удаленной зон.

Алимбайская депрессия с юга обрамляет Акжарский щитовой вулкан. Депрессия деформирована, её современные размеры составляют по длинной оси 20 км, в поперечнике не более 6 км. Вулканогенно-осадочные отложения, выполняющие депрессию, большей частью подверглись динамометаморфизму и перекристаллизованы в сланцы эпидот-плагиоклаз-амфиболового и эпидот-амфибол-кварц-плагиоклазового состава. Тем не менее, первичные текстуры пород и состав терригенного материала устанавливаются вполне надежно. Разрез отложений состоит из ритмичного чередования тефрогенных гравелитов, алевролитов, песчаников и туффитов, реже присутствуют конгломераты. Общая мощность пород составляет 800 м.

По данным П.В. Лядского [14], перечисленные образования слагают несколько крупных мегаритмов мощностью от 70 до 200 м, каждый из которых состоит из более мелких (от 4 до 15 м) ритмично построенных горизонтов. В верхах наиболее завершённых ритмов появляются маломощные (1–2 м) прослои тонкослоистых алевролитов, кремнистых пелитов и кремнисто-глинистых пород. В терригенном материале крупной фракции устанавливаются обломки афировых базальтов, плагиоклазовых и пироксен-плагиоклазовых базальтовых порфиритов, а в тонкой фракции отмечаются фрагменты перемытого гиалокластита. Изредка среди вулканогенно-осадочных отложений присутствуют базальты. По всем признакам охарактеризованные вулканические образования Алимбайской депрессии принадлежат удаленной зоне вулканизма и соответствуют подножию Акжарского щитового вулкана.

Тюлькубайская депрессия имеет меридиональную ориентировку и простирается с юга на север вдоль восточного склона Акжарского щитового вулкана на расстояние более 40 км. Наиболее узкая её часть отмечается на широте Карабутацкого гранитоидного массива, к югу от которого площадь депрессии постепенно увеличивается, достигая своего максимума у северной границы Джаилганского блока, где её поперечный размер составляет около 12 км.

В составе отложений Тюлькубайской депрессии в равной мере развиты вулканогенные и вулканогенно-осадочные образования, причём доля последних в разрезе постепенно сокращается при приближении к восточной границе Акжарского щитового вулкана.

Терригенные отложения подверглись интенсивному динамометаморфизму с образованием сланцев по тонкообломочному витрокластическому материалу преимущественно базальтового состава. Иногда же в породах устанавливаются реликты обломков плагиофировых базальтов, диабазов, андезито-базальтов, андезитов и дацитов. Терригенный материал отсортирован плохо, преобладает тонкая (алевритовая) фракция, отсутствуют ритмично-слоистые пачки, а вулканогенно-осадочные прослои имеют малую мощность (1,5–3,0 м) и не выдержаны по простираению. Фациальный состав отложений Тюлькубайской депрессии характеризует промежуточную зону вулканизма. Осадконакопление носило прерывистый характер и сопровождалось излияниями лав базальтов и андезито-базальтов.

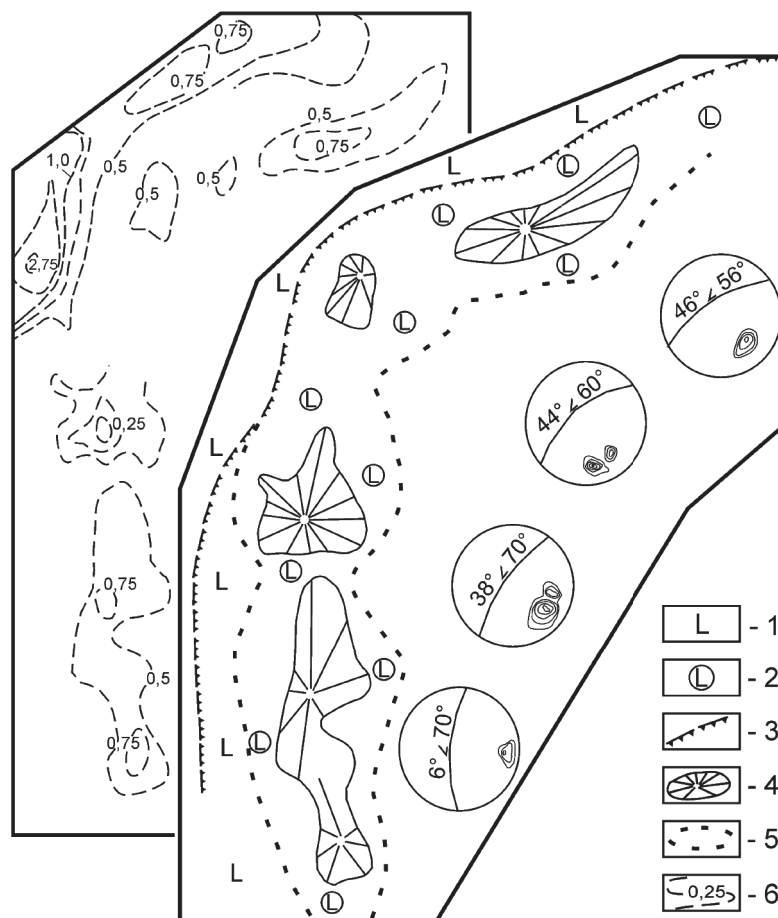
Начало заложения депрессии относится к позднему эйфелю, в течение которого она разделяла области двух обрамляющих её с запада и юга вулканических поднятий — Акжарского и Джаилганского щитовых вулканов. Тюлькубайская депрессия в период своего формирования, судя по сохранившимся фрагментам выполняющих её вулканогенно-осадочных отложений, имела намного большие размеры и распространялась к востоку вплоть до Каменского блока, где она ограничивалась выходами базальтов киембайской свиты. В конце эйфельского времени большая часть депрессии была уничтожена вулканическими кутебайской толщи, образовавшими на её месте вулканическую гряду.

Выделенные структуры хорошо отображаются в физических полях. Область накопления вулкаников Акжарского щитового вулкана отличается повышенным градиентом силы тяжести и линейностью изолиний, простирающихся параллельно геологическим границам риодацит-базальтового комплекса. За его пределами, в смежных участках, характер гравитационного поля меняется. Северо-западный и западный участки отвечают отложениям базальтов позднедевонского возраста. Для них характерны незначительные по площади положительные аномалии силы тяжести.

сти. Причем ориентированы они относительно риодацит-базальтового комплекса в северо-западном направлении, подчеркивая диагональное расположение магмогенерирующих центров позднедевонского вулканизма. На южном участке локальные аномалии Δg имеют отрицательные значения (до 1,25 мгл), вызванные значительной мощностью терригенных отложений, выполняющих Алимбайскую депрессию. Восточный участок, охватывающий область накопления пород Тюлькубайской депрессии, характеризуется положительным гравитационным полем, отличается плавностью изолиний Δg , их широким размахом и слабой интенсивностью.

На карте локальных аномалий Δg (рисунок 4) полукольцевая форма Акжарской кальдеры отчетливо подчеркивается дугообразным расположением отрицательных гравитационных аномалий интенсивностью до $-2,75$ мгл. Максимальные по значениям положительные гравитационные аномалии (до $+0,75$ мгл) на

фоне общего положительного поля силы тяжести ($+0,25$ мгл) приурочены к рудопроявлениям, подчеркивая наличие здесь центров локального вулканизма. Ориентировка структурных элементов в вулканогенных породах полностью совпадает с генеральным простиранием структуры рудного поля. В пределах последнего с юга на север общее направление элементов расланцевания и полосчатости в вулканитах изменяется закономерно, наследуя основные черты первичной вулканотектонической структуры и имеет следующий вид (рисунок 4): 1) азимут простирания в южной части $355-10^\circ$, падение восточное, угол $65-75^\circ$; 2) азимут простирания в центральной части: а) на широте рудопроявления Южно-Акжарское $20-50^\circ$, падение юго-восточное, угол $65-70^\circ$; б) на широте рудопроявления Новое $35-70^\circ$, падение юго-восточное, угол $55-80^\circ$; 3) азимут простирания в северной части $40-80^\circ$, падение юго-восточное, угол $50-60^\circ$.



Условные обозначения: 1 — массивные базальты основания щитового вулкана; 2 — эвтакситовые базальты внутрикальдерного комплекса; 3 — граница кальдеры; 4 — постройки базальт-риодацитового состава; 5 — граница распространения рудоносного комплекса вулканитов; 6 — изолинии локальных аномалий $-\Delta g$

Рисунок 4. Карта локальных аномалий Δg и схема размещения главных палеовулканических и структурных элементов Аджарского рудного поля

В пределах Акжарского рудного поля известен ряд колчеданных месторождений и проявлений, относящихся к уральскому типу [9]. Их принадлежность к данному типу определяется, прежде всего, составом колчеданных руд и вмещающих пород. Однако, в отличие от типично уральских месторождений, где кислые породы составляют в среднем около 20% всего объема вулканитов [18], в Акжарском рудном поле кислый вулканизм проявлен в редуцированном виде и его продукты занимают не более 5% объема базальт-риолитовой формации. Кроме того, обращает на себя внимание постоянное присутствие в некоторых рудопроявлениях (Новом, Южно-Акжарском) магнетитовой минерализации, доля которой в колчеданных рудах значительно больше, чем в месторождениях, относимых к уральскому типу. По этим особенностям Акжарское рудное поле имеет определенные черты сходства с месторождениями домбаровского типа.

Руды сформировались в период проявления кислого вулканизма и размещаются на едином стратиграфическом уровне, маркируемом риодацитовыми телами. Колчеданные рудопроявления принадлежат цинково-медно-колчеданной формации и характеризуются:

1) преобладающим медноколчеданным составом руд при широком развитии цинково-медноколчеданной минерализации;

2) пластообразной формой рудных тел, признаками комбинированного вулканогенно-осадочного и метасоматического происхождения руд, простотой и однообразием их строения, одностадийностью колчеданного рудообразования;

3) незначительной интенсивностью около-рудных изменений и преобладающим хлоритовым составом метасоматитов;

4) контролем рудопроявлений кальдерной депрессией и базальт-риодацитовыми постройками.

Палеоструктура вулканогенных комплексов обусловлена сочетанием синвулканических структур трех порядков. Наиболее крупные из них — структуры первого (щитовые вулканы, реликты вулканических гряд) и второго (кальдерные депрессии, отдельные аппа-

раты центрального типа) порядков, отвечают соответственно вулканогенным комплексам и рудным полям. Размещение колчеданных месторождений и рудных тел контролируется структурными элементами третьего порядка — вулканотектоническими депрессиями, локальными базальт-риодацитовыми постройками и вершинными кальдерами вулканокупольных построек.

Выводы

1. На Акжарском рудном поле главный этап рудообразования совпадал во времени с завершением основного и началом кислого вулканизма или с периодом главной фазы кислого вулканизма. Стратиграфическое положение рудоносного уровня в разрезе риодацит-базальтового комплекса определяется узким интервалом чередования кислых и основных вулканитов (мощностью около 200 м); в непрерывном базальт-андезит-дацит-риолитовом комплексе рудовмещающий интервал (мощностью 100–150 м) приурочен к верхам нижней базальтовой толщи.

2. К основным структурным формам, контролирующим положение колчеданных месторождений в базальтовой формации, относятся небольшие щитовые вулканы, осложненные в вершинной части линейными кальдерами, определяющими общий вулканодепрессионный тип строения рудных полей. Поисковым признаком таких рудоносных структур могут служить участки развития вулканогенно-осадочных отложений среди базальтов.

3. Важным критерием, который необходимо использовать при поисковых работах в отложениях базальт-риолитовой формации, является приуроченность колчеданных руд к участкам повышенной концентрации, этажно расположенных в разрезе кислых тел среди эвтакситовых базальтов.

4. Для локализации колчеданно-полиметаллического оруденения в образованиях непрерывной субформации наиболее благоприятными являются вулканокупольные структуры (небольшие стратовулканы и отдельные лавовые купола), осложненные вершинными кальдерами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Берлянд Н.Г. Глубинное строение и эволюция литосферы Урала. СПб.: ВСЕГЕИ, 2007. 256 с.

2. Зайков В.В., Масленников В.В., Зайкова Е.В., Херрингтон Р. Рудно-формационный и рудно-фациальный анализ колчеданных месторождений Уральского палеоокеана. Миасс: ИМин УрО РАН, 2001. 315 с.

3. Серавкин И.Б. Вулканизм и колчеданные месторождения Южного Урала. М.: Наука, 1986. 268 с.
4. Barrie C.T., Hannington M.D. Classification of Volcanic-Associated Massive Sulfide Deposits Based on Host-Rock Composition // *Reviews in Economic Geology*. 1999. Vol. 8. P. 1–12.
5. Hutchinson R.W. Volcanogenic Sulfide Deposits and Their Metallogenic Significance // *Economic Geology*. 1973. Vol. 68. P. 1223–1246.
6. Large R.S. 1977. Chemical Evolution and Zonation of Massive Sulphide Deposits in Volcanic Terrains // *Economic Geology*. 1977. Vol. 72. P. 549–572.
7. Ohmoto H. Submarine Calderas: a Key to the Formation of Volcanogenous Massive Sulphide Deposits // *Mining Geology*. 1978. Vol. 28. No. 4. P. 219–231.
8. Pearce J.A., Gale G.H. Identification of Ore-Deposition Environment from Trace-Element Geochemistry of Associated Igneous Host Rocks. Volcanic Processes in Ore Genesis // *Geol. Soc. Spec. Publ.* 1977. No. 7. P. 14–24.
9. Рыкус М.В. Вулканизм и металлогения Джузинско-Домбаровского палеовулканического пояса Южного Урала. Уфа: БНЦ УрО РАН, 1992. 172 с.
10. Потапенко Б.П., Требухин В.С., Агеева С.Г. Домбаровский рудный район // *Тр. ЦНИГРИ*. 1973. Вып. 105. С. 178–188.
11. Смирнова И.А., Черкасов В.Л. Интрузивно-вулканические комплексы восточного борта Магнитогорского прогиба и связь с ними медноколчеданного и медно-полиметаллического оруденения // *Геосинклинальный вулканизм Урала и колчеданность вулканогенных формаций*. Свердловск, 1980. С. 92–101.
12. Черкасов В.Л., Смирнова И.А. Силуро-девонские магматические образования восточного крыла Магнитогорского мегасинклинория, их структурно-формационное районирование и перспективность на медноколчеданные руды // *Силуро-девонский вулканизм Южного Урала / БФАН СССР*. Уфа, 1975. С. 66–73.
13. Черкасов В.Л., Смирнова И.А., Устинов И.П. Теренсайский рудный район // *Медноколчеданные месторождения Урала. Геологические условия размещения / УНЦ АН СССР*. Свердловск, 1985. С. 187–191.
14. Лядский П.В. Раннегеосинклинальные вулкано-генные формации и колчеданное оруденение Домбаровского района: дис. ... канд. геол.-минерал. наук. Свердловск, 1986. 227 с.
15. Рыкус М.В. Золотоносность докембрийских осадочных толщ западного склона Южного Урала. Препринт, депонированная рукопись № 43-95 23.10.1995, 45 с.
16. Сначёв А.В., Рыкус М.В., Сначёв М.В., Романовская М.А. Модель золотообразования в углеродистых сланцах Южного Урала // *Вестник МГУ, серия «Геология»*. 2013. № 2. С. 49–57.
17. Сначёв В.И., Муркин В.П. Новые данные по магматизму, метаморфизму и металлогении Кочкарской площади (Ю.Урал). Уфа, 1989. 23 с.
18. Жабин А.Г., Гладких В.С. Метамагматическая сульфуризация базальтовых расплавов как геохимическая причина возникновения колчеданных месторождений эвгеосинклиналей // *Флюиды в магматических процессах: сб. статей*. М.: Наука, 1982. С. 180–192.

REFERENCES

1. Berlyand N.G. *Glubinnoe stroenie i evolyutsiya litosfery Urala* [Deep Structure and Evolution of the Lithosphere in the Urals]. Saint-Petersburg, VSEGEI Publ., 2007. 256 p. [in Russian].
2. Zaikov V.V., Maslennikov V.V., Zaikova E.V., Kherrington R. *Rudno-formatsionnyi i rudno-fatsial'nyi analiz kolchedannykh mestorozhdenii Ural'skogo paleookeana* [Ore-Forming and Ore-Facies Analysis of the Pyrite Deposits of the Ural Paleoocean]. Miass, IMin UrO RAN Publ., 2001. 315 p. [in Russian].
3. Seravkin I.B. *Vulkanizm i kolchedannye mestorozhdeniya Yuzhnogo Urala* [Volcanism and Pyrite Deposits of the Southern Urals]. Moscow, Nauka Publ., 1986. 268 p. [in Russian].
4. Barrie C.T., Hannington M.D. [Classification of Volcanic-Associated Massive Sulfide Deposits Based on Host-Rock Composition]. *Reviews in Economic Geology*, 1999, Vol. 8, pp. 1–12.
5. Hutchinson R.W. [Volcanogenic Sulfide Deposits and Their Metallogenic Significance]. *Economic Geology*, 1973, Vol. 68, pp. 1223–1246.
6. Large R.S. [Chemical Evolution and Zonation of Massive Sulphide Deposits in Volcanic Terrains]. *Economic Geology*, 1977, Vol. 72, pp. 549–572.
7. Ohmoto H. Submarine Calderas: Key to the Formation of Volcanogenous Massive Sulphide Deposits. *Mining Geology*, 1978, Vol. 28, No. 4. pp. 219–231.
8. Pearce J.A., Gale G.H. Identification of Ore-Deposition Environment from Trace-Element Geochemistry of Associated Igneous Host Rocks. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 1977, No. 7, pp. 14–24.
9. Rykus M.V. *Vulkanizm i metallogeniya Dzhuzinsko-Dombarovskogo paleovulkanicheskogo poyasa Yuzhnogo Urala* [Volcanism and Metallogeny Dzhuzinsko-Dombarovsky Paleovolcanic Belt of the Southern Urals]. Ufa, BNTs UrO RAN Publ., 1992. 172 p. [in Russian].
10. Potapenko B.P., Trebukhin V.S., Ageeva S.G. Dombarovskii rudnyi raion [Dombarovsky ore District]. *Trudy TsNIGRI* [Proceedings of TsNIGRI]. 1973, Issue 105, pp. 178–188 [in Russian].
11. Smirnova I.A., Cherkasov V.L. Intruzivno-vulkanicheskie komplekсы vostochnogo borta Magnitogorskogo progiba i svyaz' s nimi mednokolchedannogo i medno-polimetallichesкого orudneniya [Intrusive-Volcanic Complexes of the Eastern Side of the Magnitogorsk Deflection and the Connection with Them of copper-pyrite and Copper-Polymetallic Mineralization]. *Geosinklinal'nyi vulkanizm Urala i kolchedanonnost' vulkanogennykh formatsii* [Geosynclinal Volcanism of the Urals and Pyrites of Volcanic Formations]. Sverdlovsk, 1980, pp. 92–101. [in Russian].
12. Cherkasov V.L., Smirnova I.A. Siluro-devonskie magmatische obrazovaniya vostochnogo kryla Magnitogorskogo megasinklinoriya, ikh strukturno-formatcionnoe raionirovanie i perspektivnost' na mednokolchedannye rudy [Siluro-Devonian Igneous Rocks of the Eastern Wing of the Magnitogorsk megasynclinorium, Their Structural-Formational Zoning and Potential for Chalcopyrite Ore]. *Siluro-devonskii vulkanizm Yuzhnogo Urala* [Siluro-Devonian Volcanism of the Southern Urals]. Ufa, 1975, pp. 66–73. [in Russian].

13. Cherkasov V.L., Smirnova I.A., Ustinov I.P. Terensaiskii rudnyi raion [Terensai Ore District]. *Med-nokolchedannye mestorozhdeniya Urala. Geologicheskie usloviya razmeshcheniya* [Copper-Bearing Deposits of the Urals. Geological Conditions of Placement]. Sverdlovsk, 1985, pp.187–191. [in Russian].

14. Lyadskii P.V. *Rannegeosinklinal'nye vulkanogennye formatsii i kolchedannoe orudenenie Dombarovskogo raiona: Dis. kand. geol.-mineral. nauk* [Early Geosynclinal Volcanic Formations and Massive Sulfide Mineralization of the Dombarovsky District: Cand. Geological and Mineral Sci. Dis.]. Sverdlovsk, 1986. 227 p. [in Russian].

15. Rykus M.V. *Zolotonosnost' dokembriiskikh osadochnykh tolshch zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala* [The Gold-Bearing Precambrian Sedimentary Strata of the Western Slope of the Southern Urals]. Preprint, deponirovannaya rukopis', No. 43–95, 23.10.1995, 45 p. [in Russian].

16. Snachev A.V., Rykus M.V., Snachev M.V., Romanovskaya M.A. Model' zolotoobrazovaniya v uglero-

distykh slantsakh Yuzhnogo Urala [Model for the Genesis of Gold Mineralization in Carbonaceous Schists of the Southern Urals]. *Vestnik MGU, seriya «Geologiya» — Moscow University Geology Bulletin*, 2013, No. 2, pp. 49–57. [in Russian].

17. Snachev V.I., Murkin V.P. *Novye dannye po magmatizmu, metamorfizmu i metallogenii Kochkarskoi ploshchadi (Yu.Ural)* [New Data on Magmatism, Metamorphism and Metallogeny of Kochkar Square (S. Urals)]. Ufa, 1989. 23 p. [in Russian].

18. Zhabin A.G., Gladkikh V.S. *Metamagmatischekaya sul'furizatsiya bazal'tovykh rasplavov kak geokhimicheskaya prichina vozniknoveniya kolchedannykh mestorozhdenii evgeosinklinali* [Metamagmatic the Sulfonation of Basaltic Melts as a Geochemical Cause of the Massive Sulfide Deposits of Eugeosynclinal]. *Sbornik statei «Flyuidy v magmaticheskikh protsessakh»* [Collection of Articles «Fluids in Magmatic Processes»]. Moscow, Nauka Publ., 1982. S. 180–192. [in Russian].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ABOUT THE AUTHORS

Рыкус Михаил Васильевич, канд. геол.-минерал. наук, доцент кафедры «Геология и разведка нефтяных и газовых месторождений», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Mikhail V. Rykus, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Assistant Professor of Geology and Oil and Gas Field Exploration Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: rykusmihail@mail.ru

Сначёв Владимир Иванович, д-р геол.-минерал. наук, профессор, заведующий Лабораторией рудных месторождений, Институт геологии УФИЦ РАН, г. Уфа, Российская Федерация

Vladimir I. Snachev, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Head of Ore Field Laboratory, Institute of Geology, UFRS RAS, Ufa, Russian Federation

e-mail: SAVant@inbox.ru