

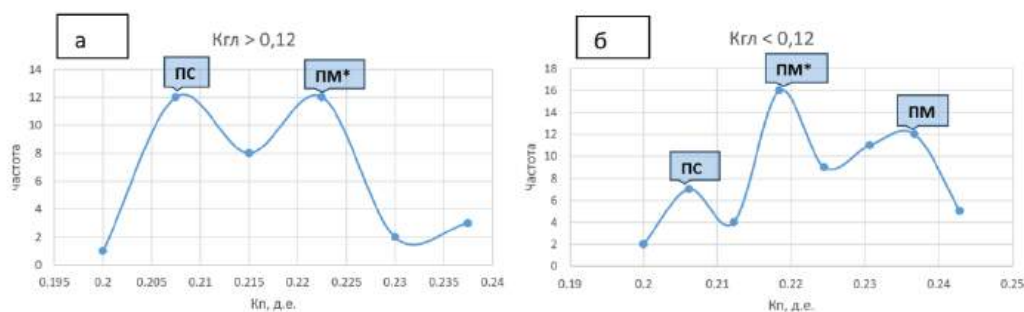


Рис. Разделенные распределения коэффициента пористости с определенными по математическим ожиданиям состояниями: а – с высокой глинистостью; б – с низкой глинистостью.

Для каждого распределения были посчитаны математические ожидания, в соответствии с методикой, подробно описанной в [2]. Породы с относительно высокой глинистостью могут принадлежать к группе фаций продельтового склона, представляющих собой удаленную от источника сноса область с преимущественно низкой энергией моря, где взвесь глинистых частиц испытывает спокойное гравитационное осаждение. Чем дальше область склона от берега моря, тем более спокойное осаждение испытывают глинистые частицы. Тем не менее, при определенных климатических условиях, во время паводков, часть песчаного материала может доноситься до проксимальной части продельтового склона, что подтверждается наличием песчаных линз в породах данной фации [1]. В качестве доминирующего фактора была выбрана степень преобладания глинистого материала над песчаным, определяемая привносом песчаных частиц из области сноса, что отражается на скорости осадконакопления. Фации дистальной части продельты соответствуют состоянию ПС, когда осаждение происходило в спокойной обстановке. В случае попадания песчаного материала в проксимальной части продельтового склона нарушается равновесное состояние, увеличивается скорость осадконакопления и за равный период успевает осесть меньше глинистых частиц. Фации проксимальной части продельты соответствуют состоянию ПМ*

Доминирующим фактором, влияющим на пористость преимущественно песчаных коллекторов в пределах пласта АВ₁¹⁻² является преобладание влияния энергии речных процессов над энергией морских процессов. В качестве альтернативного фактора было выбрано влияние климатических условий, приводящих к паводкам и изменению конфигурации дельты. Мода ПС интерпретируется как слабое, практически отсутствующее влияние речных процессов на формирование пород. Слабоглинистые породы, с пористостью в районе моды ПС относятся к породам фации дистальной части фронта дельты. Формирование пород с пористостью в области моды ПМ* связаны с умеренным увеличением влияния речных процессов, приводящих, во-первых, к привносу более крупных фракций, во-вторых, к увеличению скорости седиментации. Но речной поток не обладал слишком высокой скоростью, благодаря чему сохранялся длительный период переноса осадков и увеличивалась их окатанность. Состояние ПМ подразумевает значительное преобладание речных процессов с одновременным влиянием климатических факторов, приводящих к паводкам и значительному увеличению энергии речного потока, что, в свою очередь, приводило к увеличению доли крупной фракции, а также к нарастанию устьевых баров. Породы состояния ПМ* и ПМ относятся к проксимальной части фронта дельты, но формировались с периодически изменяющимися условиями.

Литература

1. Геологическое моделирование прибрежно-морских отложений (на примере пласта АВ₁ (АВ₁¹⁻²+АВ₁³) Самотлорского месторождения) [Текст] / В. А. Аксарин, М. С. Анохина, И. В. Буйкина, М. А. Грищенко, К. Е. Закревский, К. В. Зверев, Д. А. Зундэ, А. И. Кудаманов, А. Г. Кузнецов, А. В. Мальшаков, Н. В. Нассонова, А. В. Хабаров, Л. В. Черновек; под ред. К. Е. Закревского. – Тюмень: Вектор Бук, 2017. – 314 с.
2. Мельник, И. А. Полиmodalность распределения вторичных каолинитов в открытых системах песчаных коллекторов [Текст] / И. А. Мельник // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2023. – Т. 334. – № 8. – С. 17–29.

МАГНИТНЫЕ АНОМАЛИИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕДНО-ПОРФИРОВОГО И КВАРЦ-СУЛЬФИДНОГО ТИПОВ

Федоров В.Г.

Научный руководитель доцент Ю.В. Колмаков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

К одним из основных источников драгоценного металла в России можно отнести золоторудные месторождения медно-порфирового типа на Дальнем Востоке в пределах Приамурской вулканоплутонической зоны Сихотэ-Алинской складчатой системы (яркие представители – месторождение Малмыжское и Понийский

участок) и месторождения золото-сульфидно-кварцевого типа в Красноярском крае (месторождения Енисейского кряжа, одно из них - Благодатное).

При детальном изучении образцов кварцевых диорит-порфиров с Понийского участка, включающего в себя Ольховое, Грибное, Борхи Тонкая и Медное рудопроявления, к которым приурочено золото-медное оруденение, была отмечена прожилковая магнетитовая минерализация, интенсивность которой нарастала в связи с дорудными карбонат-альбит-слюдистыми метасоматитами.

Условно (благодаря детальному анализу данных ГИС), в пределах участков развития этих метасоматитов было выделено две зоны: тыловая – с преимущественным развитием альбитовой минерализации и характерными для нее неоднородными значениями магнитной восприимчивости (от первых десятков до $30\,000\text{ ед СИ}\cdot 10^{-5}$) и сравнительно повышенными значениями МЭД (8–12 мкР/ч), и фронтальная зона с повышенным содержанием магнетита и, соответственно, ураганными значениями магнитной восприимчивости, но пониженными значениями МЭД (а именно 6–8 мкР/ч).

Породы фронтальной зоны, обладают особенно высокой магнитной восприимчивостью до $80\,000\cdot 10^{-5}$ ед. СИ, что позволило успешно их выявить в телах кварцевых диорит-порфиров по наиболее высоким магнитным аномалиям (до 900 нТл). Рудные тела в большей мере тяготеют к наиболее магнитным участкам фронтальных зон карбонат-альбит-слюдистых метасоматитов.

Развитие более поздней пирит-халькопиритовой минерализации с золотом по кварцевым диорит-порфирам и по магнетитовым карбонат-альбит-слюдистым метасоматитам приводило к значительному снижению их магнитной восприимчивости. Это обусловлено замещением магнетита сульфидным парагенезисом. В этой связи рудным интервалам свойственна чрезвычайно высокая неоднородность по магнитной восприимчивости (от первых десятков до ста и более тысяч $\cdot 10^{-5}$ ед. СИ по КМВ). Также для рудных интервалов характерно обогащение радиоактивными элементами, и создаваемая ими МЭД возрастает до 16–18 мкР/ч [3].

Золото-сульфидные месторождения прожилково-вкрапленного типа проявлены в осадочных и вулканогенно-осадочных породах. Золото в них ассоциировано преимущественно с сульфидами (такими как пирит, пирротин и арсенопирит). Одним из таких месторождений является Благодатное, расположенное в Енисейском кряже Красноярского края.

Здесь амплитуды магнитной аномалии от рудной зоны последовательно меняются от 500 до 80 нТл на фоне немагнитных вмещающих пород. Участок с наиболее высокоамплитудной аномалией ее северо-западного фланга непосредственно граничит с безаномальным участком в северной части. Магнитная неоднородность прослеживается и на глубинных горизонтах месторождения. В направлении падения рудных тел наблюдается увеличение магнитной восприимчивости пород. Золотая минерализация сконцентрирована в рудах с аномальной магнитной восприимчивостью, но не в самых магнитных [2].

Для более глубокого понимания природы магнитной неоднородности минерализованной зоны были изучены состав и распределение пирит-пирротинового парагенезиса.

На месторождении встречены моноклинные и гексагональные пирротины (их распределение представлено на рисунке ниже). Гексагональные пирротины не магнитные, моноклинные – магнитные. Магнитная восприимчивость моноклинного пирротина изменяется в пределах от 0,13 до 1,3 ед. СИ. Максимальное значение соответствует стехиометрически чистому моноклинному пирротину Fe_7S_8 [1].

Область на графике « $\text{Fe}_7\text{S}_8+\text{FeS}_2$ » рассматривается как твердый раствор стехиометрически чистого моноклинного пирротина с пиритом, соответственно увеличение количества пирита приводит к снижению магнитной восприимчивости пирротина.

Также в рудной зоне исследованы связи между магнитной восприимчивостью пирит-пирротинового парагенезиса и вариациями химического состава пирита.

Стехиометрическое отношение серы к железу рассматривалось как качественный показатель температуры: чем больше это отношение, тем ниже температура раствора и выше активность сульфидной серы. Температура является важнейшим фактором равновесия фаз в пирит-пирротинном парагенезисе. Повышение отношения серы к железу в пирите напрямую связано с нарастанием его доли в пирит-пирротинном парагенезисе, что приводит к снижению магнитной восприимчивости пирротина.

Закономерное нарастание магнитной восприимчивости руд и околорудных пород и снижение стехиометрического отношения серы к железу в пирите наблюдается и по падению рудных тел по всей рудоносной зоне.

По мере снижения активности сульфидной серы с ростом температуры и в составе самого пирротина сокращалась доля пирита, и он приближался к стехиометрически «чистому» моноклинному пирротину Fe_7S_8 – своей максимально магнитной фазе. Там, где достигалась самая высокая температура, кристаллизовался немагнитный гексагональный пирротин, что объясняет резкий переход наиболее магнитного участка к немагнитному.

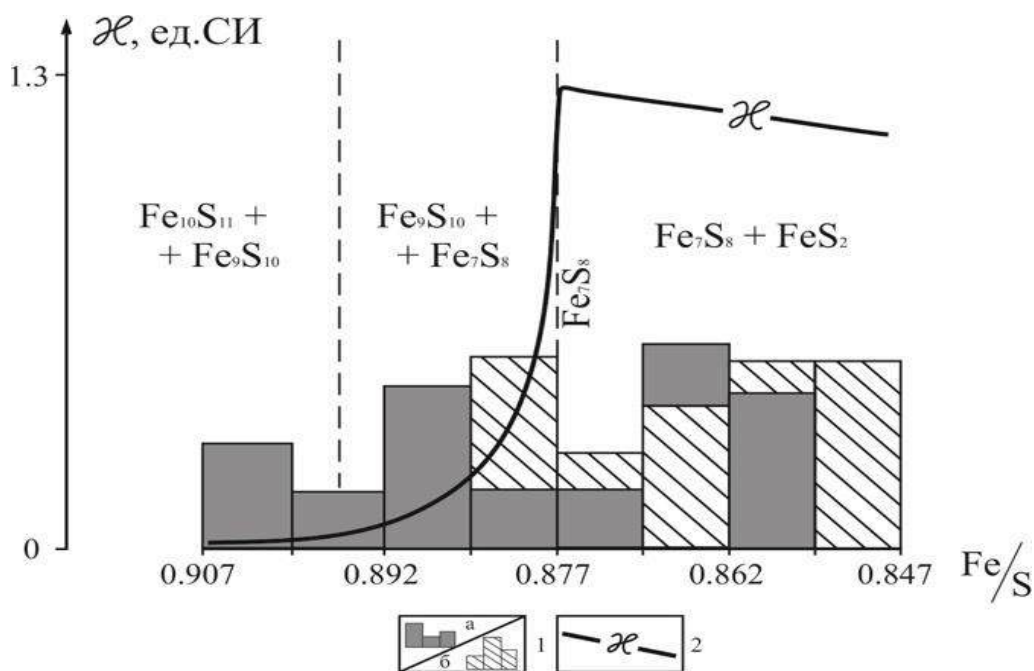


Рис. Химический состав пирротинов рудных тел месторождения Благодатное, фазовые отношения в системе Fe-S и магнитная восприимчивость природных пирротинов: 1 – пирротины северного (а) и южного (б) рудных тел; 2 – схематический график магнитной восприимчивости пирротинов [1].

Концентрирование золота же в слабомагнитных рудах вызвано массовым связыванием сульфидной серы в пирите при их формировании, дестабилизацией комплексных соединений и выпадению золота в металлической форме [1].

Таким образом, на примере крупных месторождений двух распространенных типов (медно-порфировый и золото-сульфидный) показана закономерная локализация рудного золота в минерализованных блоках с зональным распределением ферромагнетиков, проявленным в магнитном поле.

Литература

1. Колмаков, Ю. В. Пирротиновая минерализация золоторудных месторождений Енисейского края: состав, свойства и проявление в магнитном поле [Текст] / Ю. В. Колмаков, А. Ф. Лазарев, В. Г. Федоров // Годичное собрание РМО «Минералого-геохимические исследования для решения проблем петро- и рудогенеза, выявления новых видов минерального сырья и их рационального использования. Федоровская сессия 2023: Сборник научных материалов. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 124–125.
2. Колмаков, Ю. В. Реконструкция петрофизической зональности золоторудного месторождения Благодатное в Енисейском крае: геодинамический и физико-химический аспекты [Текст] / Ю. В. Колмаков, А. М. Сазонов // Литосфера. – 2022. – Т. 22. – № 5. – С. 667–693.
3. Федоров, В. Г. Геофизические признаки оруденения золото-медно-порфирового типа на Понийском участке Приамурской вулкано-плутонической зоны (Хабаровский Край) [Текст] / В. Г. Федоров // XXIV Уральская молодежная научная школа по геофизике: Сборник научных материалов. – Пермь: ГИ УрО РАН, 2023 – С. 256–260.

ВЫПОЛНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИИ ПРИ ПОИСКЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА В ВОСТОЧНОЙ БУРЯТИИ)

Шойхонова Т.С., Шкиря М.С., Лазурченко А.В.

Научный руководитель А.Ю. Давыденко

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Одним из основных источников водоснабжения являются подземные воды, представляющие собой ценный естественный ресурс. Особый интерес вызывают талики, связанные с разломными зонами, из-за наличия постоянного источника питания в виде теплового потока, который поступает из недр земли [5]. Геофизические методы широко применяются при поиске подземных вод, среди них одним из наиболее применяемых является электротомография. Метод электротомографии является подходящим инструментом для исследования распределения удельного сопротивления незамерзших отложений, а также для изучения и определения положения вечной мерзлоты. Однако, перед проведением геофизических работ требуется обоснование применения выбранного метода при решении поставленных задач на участке работ. Связь между