

Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова

Геологический факультет



НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

***ЛОМОНОСОВСКИЕ
ЧТЕНИЯ***

СЕКЦИЯ ГЕОЛОГИИ

Подсекция

геологии, геохимии и экономики полезных ископаемых

Руководитель – зав. кафедрой, профессор Старостин В.И.

СБОРНИК
ТЕЗИСОВ ДОКЛАДОВ

Москва
2022

Содержание:

1. Гранитоидный магматизм и рудогенез В.И. Старостин, А.А. Самсонов	2
2. Основные этапы изучения оксидных железомарганцевых руд Мирового океана В.В. Авдонин, Е.А. Жегалло, Н.Е.Сергеева	5
3. Минерально-сырьевая база низкоуглеродной энергетики А.Л. Дергачев, Е.М. Шемякина	7
4. Возможный источник вещества Шулеповского месторождения через призму химического и минерального состава М.А. Богуславский, Д.М. Коршунов	8
5. О некоторых структурных и петрофизических особенностях меднопорфирового оруденения месторождения Михеевское (Ю. Урал) А.А. Бурмистров, В.В. Хребтневский	10
6. Сравнение методов оконтуривания рудных тел с применением статистического анализа на примере месторождений силикатного никеля А.А. Борисов, М.А. Богуславский	13

ГРАНИТОИДНЫЙ МАГМАТИЗМ И РУДОГЕНЕЗ

В.И. Старостин, А.А. Самсонов

Рассмотрим эволюцию гранитного магматизма с позиции концепции кластерной эволюционной минерагении, которая базируется на идее формирования Земли из первичного плазменного звездного вещества. Последовательная его деструкция, как следствие распада тяжёлой ядерной материи приводит к фрагментации вещества вплоть до появления осцилляторов сверхтяжёлых элементов с дальнейшей их ядерной диссоциацией. В результате возникает протомагма, которая поступает в верхнюю мантию и кору в виде плюмовых потоков. Этот процесс поддерживает протекание реакций образования химических элементов, минералов, руд и горных пород, из которых складывается верхняя мантия и земная кора. Процессы ядерной диссоциации приводят к выделению энергии и разуплотнению вещества, что инициирует рост объема Земли, ее геотектоническую активность и возникновение гидросферы и атмосферы.

Становление первичной коры происходило в первые 400 млн. лет Она была ультрабазит-базитового состава и формировалась из частиц, возникших при средних и высоких температурах ($400^{\circ} - 950^{\circ} \text{C}$) и низких давлениях от 10^{-2} до 10^{-6} атм. В её состав входили, как простые агрегаты твёрдого конденсата, так и хондры Главными химическими элементами первичной коры были С, О, Mg, Al, Si, S, Ca, Fe и минералы, которые эти элементы образовывали: оливин, гиперстен, диопсид, полевошпат и др. Хондритовая кора представляла собой весьма тонкую, мощностью от 1,0 до 3,0-5,0 км, пластичную, гетерогенную разогретую поверхность, которая являлась хорошим проводником тепла и летучих компонентов (1).

На финальных этапах и стадиях трансмутации осцилляторов плазменного вещества, из которого образовалась ультрабазит – базитовая первичная кора, возникли огромные массы флюидов. Именно они, находясь в открытых или закрытых системах, были теми агентами, которые формировали всю гамму гранитоидов, а также переносили и концентрировали возникающие минерагенические элементы. Из гигантского разнообразия этих флюидов условно можно выделить наиболее изученные: I. Умеренно кислых калиевые; II. Хлоридно - борнокислотные и III. Хлоридно-сульфатно-бикарбонатные. Сформировались конвективные зоны с испусканием электромагнитного, нейтринного, мезон-барионного (в том числе кластерного, в виде ядерно-молекулярного) потоков, генерируемых на самой ранней стадии развития планеты (экзопланеты) за счёт первичного вещества.

В истории развития нашей планеты постоянно формировались гранитоиды и руды в процессе электрохимического преобразования любых горных пород и взрывной ударной трансмутации элементов. В системе менялась геодинамическая обстановка, состав флюидов и

степень открытости и закрытости всплывающего плюма На раннем этапе произошла **первая волна гранитизации**, возникли тоналит-трондьемит-гранодиориты (до 2,5 млрд.л., ТТГ, серые гнейсы, 80-100 % кратонов; эндорбиты; гиперстеновые граниты (чернокиты, санукитоиды); биотитовые граниты). Чернокиты образуются за счет преобразования люых плутонических пород, в том числе гнейсов, роговиков, гранулитов в результате привноса К и SiO₂. Процесс гранитизации постепенный длительный; диоритизация. грандиоритизация, тоналитизация. Это происходит в твердом состоянии, без переплавления пород. Солнечная система, вращаясь внутри Млечного пути в течении 205 млн.л. (галактический год), циклически входит и выходит из этой зоны (рис.). В период нахождения вне зоны коротации под воздействием интенсивных внешних космических нейтронных потоков активизируются процессы ядерного распада и трансмутации элементов (2). В результате Земля расширяется и возникает планетарная система расколов. Это приводит к увеличению объема Земли в зоне астеносферы и нижней мантии. В астеносфере накапливается большое количество летучих элементов, нейтронов, протонов и электронов. В этом ядерно-кластерном субстрате сохраняется и большое количество тяжелых и сверхтяжелых осциляторов. Весь этот комплексный гетерогенный флюид внедряется в земную кору.

Рифтогенез проявлялся на протяжении всей эволюции земной коры и является важнейшим индикатором областей тектоно-магматической активвизации В архее – это зеленокаменные пояса (все щиты), в раннем протерозое – сжатые палеоавлакогены с джеспилитовыми сериями. С позднего протерозоя до конца фанерозоя: эпиплатформенные рифтовые зоны, авлакогены. Основные характеристики рифтовых зон совпадают с признаками областей тектономагматической активвизации: возбужденное состояние и разуплотнение мантии, - возникновение арки-свода, линейное утонение земной коры, смена режимов сжатия и растяжения, тектоно-термальная активвизация, повышенный тепловой поток, блоковое строение, возникновение горстов и грабенов, вертикальные движения больших амплитуд, наличие глубинных разломов, субщелочной до щелочного бимодальный магматизм. В фанерозое развивается **вторая волна** гранитизации. В самом распространенном варианте граниты в это время образуют крупные тела (батолиты, штоки) в осадочных терригентных толщах. По составу содержание (SiO₂, K₂O, N₂O, CaO), кремния, щелочей и извести в них увеличивается, а концентрации глинозема, окиси магна и железа (Al₂O₃, MgO, F₂O₃, FeO) сокращаются. Ю.А. Шубер (1970) по материалам атомных французских испытаний на гранитных массивах Сахары обоснавал преобразование глинистых сланцев в гранитоиды в результате процессов трансмутации элементов: 13Al + 1H – 14 Si; 23Na+1H—24Mg; и многие др. Среди фанерозойских комплексов выделяют четыре группы гранитов: I-, S-, M- и A-граниты. I- граниты развиваются за счет преобразования магматогенных пород. S по осадочным. M объединяет гранитоидные

дифференциаты негранитных магм мантийного происхождения. Граниты А-типа относительно всех других типов гранитоидов характеризуются высокими содержаниями суммы щелочей ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$), пространственно они тесно связаны с толеитовыми магмами. С кислым магматизмом связано большинство рудных формаций, в том числе; а) Cu, Zn, Pb, Ag характерны для колчеданно-полиметаллических серий; б) Sn, Pd, Cu, Zn, As, В – типичные для сульфидно-оловянных рудных формаций; в) Sn, W, Mo, Bi, Be, В, Та, Nb присущи кварц-касситеритовым парагенезисам плутоногенных гидротермальных месторождений; г) Zr, Hf, Th ассоциируют с пегматитами. Щелочные магмы: а) Cl, Th – встречаются в монацитовых пегматитах; б) Nb, Та, Ti, Cl, Sn, Be- пироклоровых пегматитах.

Литература

1. Кривицкий В.А., Старостин В.И. Концепция кластерной эволюционной минерагении. Вестник Московского университета. Сер. Геология №6, 2018 с. 3-17.
2. Старостин В.И. Металлогения 3-издание Москва МАКС-ПРЕС, 2021, 652с.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ИЗУЧЕНИЯ ОКСИДНЫХ ЖЕЛЕЗОМАНГАНЦЕВЫХ РУД МИРОВОГО ОКЕАНА

В.В. Авдонин, Е.А. Жегалло, Н.Е.Сергеева

Оксидные железоманганцевые образования занимают огромные пространства океанского дна. Первые находки оксидных железоманганцевых руд в виде конкреций на дне Мирового океана были сделаны в конце XIX в.

В дальнейшем выяснилось, что конкреции характеризуются высокими содержаниями кобальта, никеля и других компонентов и пользуются чрезвычайно широким распространением. С начала 60-х годов XX в. развернулись планомерные геологоразведочные работы, в которых участвовали научные и коммерческие организации многих стран. В результате уже к 80-м годам сформировались представления о перспективах промышленного освоения залежей железоманганцевых конкреций (ЖМК) и кобальтоносных железоманганцевых корок (КМК).

Основная масса рудных скоплений размещается в интервале широт от 35° с.ш., до 47° ю.ш., образуя единый планетарный мегапояс, протягивающийся вдоль экватора через Тихий, Индийский и Атлантический океаны. В пределах этого глобального пояса скопления железоманганцевых конкреций и кобальтоносных корок занимают обособленное положение, будучи приуроченными к различным структурным элементам океанского дна, поэтому выделяются две самостоятельные формации: **формация железоманганцевых конкреций абиссальных котловин (ЖМК)** и **формация кобальтоносных железоманганцевых корок подводных поднятий (КМК)**.

Длительный процесс изучения оксидных руд можно условно разделить на три этапа. **В первый этап** были получены сведения о пространственном размещении руд, произведена предварительная минералого-геохимическая и технологическая оценка в основном на макроскопическом уровне.

Основным содержанием **второго этапа** можно считать выделение промышленных объектов – месторождений, рудных залежей, перспективная оценка ресурсов. Изучение состава и строения руд проводилось главным образом на микроскопическом уровне и ограничивалось вниманием к пяти главным компонентам – Mn, Co, Ni, Cu, Mo.

На третьем (современном) этапе проводится выделение эксплуатационных участков и блоков, детальная промышленная оценка их. Круг потенциально извлекаемых элементов расширился и охватывает цветные, редкие, благородные металлы.

Детальность изучения оксидных руд прямо отразилась на эволюции представлений об их природе.

На первом этапе господствовали гипотетические предположения образования этих руд, основанные на известных данных о процессах седиментогенеза. Обсуждались возможные источники рудного вещества, предполагаемые механизмы его концентрации.

Второй этап ознаменовался накоплением более детальных сведений о минеральном составе, взаимоотношении минералов, концентрациях и формах вхождения многочисленных примесных компонентов. На микроскопическом уровне конкреции предстали в виде тонкослоистых образований концентрического строения. В этих структурах отчетливо проявлено ритмическое чередование микрослоев различного состава. Среди микрослоев толщиной от 10 мкм до 50 мкм были выделены «кристаллические» марганцовистые и «аморфные» железистые. Эти обстоятельства послужили поводом предложить механизм автоколебательных реакций для объяснения ритмичного строения руд [1]. На современном этапе благодаря использованию микроанализаторов открылась принципиально новая картина строения руд: они предстали в виде совокупности фоссилизированных биоформ различной степени сохранности [2]. Целенаправленное изучение биоформ позволило обосновать бактериальную природу руд.

Основные результаты выполненных исследований могут быть сформулированы в следующих положениях.

1. Полученные данные подтверждают морфологическое подобие фоссилизированных объектов современным бактериальным сообществам, обитающим в реальной обстановке.
2. Обнаружены признаки активного взаимодействия биопленок с окружающей средой, что рассматривается как механизм приспособления организмов к изменяющейся обстановке.
3. Получены свидетельства развития биохимических реакций, определивших поглощение и усвоение железа и марганца.
4. Проведенные наблюдения позволили установить эволюционную изменчивость бактериальных сообществ, выявить основные этапы их жизнедеятельности.

Литература

1. Авдонин В.В., Еремин Н.И., Мельников М.Е., Сергеева Н.Е. Мезокайнозойский железомарганцевый рудогенез Мирового океана. ДАН. 2013. Т. 456. 6. С. 1 — 3.
2. Авдонин В.В., Жегалло Е.А., Сергеева Н.Е. Бактериальная природа оксидных железомарганцевых руд Мирового океана./М.: ГЕОС, 2019, 284 с.

МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

А.Л. Дергачев, Е.М. Шемякина

В 2021 г. исполнилось 5 лет после вступления в силу юридически обязывающего Парижского соглашения по климату. С тех пор наиболее заметным событием в рамках реализации соглашения стал курс на создание малоуглеродной электроэнергетики. Между тем отказ от тепловой электрогенерации в пользу альтернативных источников энергии, главным образом, ветровой и солнечной электрогенерации, влечет неизбежный рост материалоемкости мировой экономики.

Актуальной становится задача определения дополнительного глобального потребления минеральных материалов (индустриальных минералов и металлов), возникающего в связи с переходом к низкоуглеродной энергетике в период с 2020 по 2050 г., и сравнение его с возможностями существующей мировой минерально-сырьевой базы и нынешним уровнем добычи минерального сырья.

На основе сценария развития мировой энергетики 2DS Международного энергетического агентства была составлена модель роста потребления минеральных материалов в ветровой и солнечной энергетике, а также накоплении и хранении энергии. Расчеты показывают, что переход к "зеленой" энергетике потребуют добычи дополнительно 40-50 млн т минеральных материалов в 2020-2024 гг. и свыше 160 млн т в 2045-2050 гг. За весь период с 2020 по 2050 гг. потребуется добыть дополнительно 103 млн т Al и 29 млн т Cu. Наиболее значительный рост потребления минеральных материалов следует ожидать в производстве устройств для накопления и хранения энергии, где годовое потребление, например, графита, Li и Co к 2050 г. возрастет в 4-5 раз по сравнению с 2018 г. Кроме того, к числу полезных ископаемых, добыча которых должна значительно возрасти, относятся Ge, In, Zn, Mo, Sn, Cr, железные руды для производства стали и чугуна, а также Ag, Ga, In, Se, Cd, Te и графит, приобретающие стратегическое значение для достижения целей Парижского соглашения. Анализ показывает, что по некоторым видам минерального сырья возможно лишь частичное удовлетворение потребностей "зеленой" энергетики за счет увеличения нагрузки на недра, поэтому успех реализации перехода к альтернативной электроэнергетики в значительной степени зависит от внедрения материалосберегающих технологий и повышение коэффициента использования вторичных металлов. Запасы большинства видов минерального сырья, стратегически важных для энергетического перехода, сконцентрированы в развивающихся странах, которые, таким образом, получают возможность решения национальных задач за счет участия в глобальных процессах путем обеспечения требуемых уровней добычи дефицитных видов минерального сырья.

ВОЗМОЖНЫЙ ИСТОЧНИК ВЕЩЕСТВА ШУЛЕПОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ХИМИЧЕСКОГО И МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА

М.А. Богуславский, Д.М. Коршунов

Шулеповское месторождение огнеупорных и тугоплавких глин (суммарные запасы около 1.4 млн т) расположено в южной части Рязанской области, к западу от поселка Милославское (рис. 1). Оно было открыто в начале 1970-х годов во время поисково-разведочных работ на строительные материалы. Месторождение представляет собой серию субгоризонтальных линз, мощностью от первых см до 6–8 м, залегающих в глинисто-песчаной толще с неравномерным распределением глинистого материала (породы варьируют от глинистых песков до суглинков) на глубине от 0.5 до 18 м.

Южная часть Рязанской области в геологическом отношении расположена в зоне сочленения северо-восточного борта Воронежской антеклизы и юго-восточного склона Московской синеклизы – двух крупных тектонических структур первого порядка – выполненных палеозойско-мезозойскими терригенными и морскими отложениями. В кайнозойское время эта территория подвергалась активному размыву, формировалась система Палеодона, что отразилось на геологическом строении данной территории (Коршунов 2022).

Для ответа на вопрос об источнике вещества необходимо несколько слов сказать о возможных источниках. Есть два главных пути генезиса каолинита – это выветривание (с возможным накоплением на месте или переотложением) и гидротермально-метасоматический генезис (также с возможным размывом и переотложением вещества). Каолинит, образовавшийся любым из этих путей, мог в дальнейшем быть подвергнут размыву и переотложению, как это произошло на Шулеповском месторождении. По-видимому, только часть каолинита образовалась на месте, а большая часть была превнесена.

Минеральный состав каолинов, в которых залегает каолинит, может указывать на различный источник первичного вещества. Несмотря на то, что климатические и гидрологические условия имеют большее значение для образования вторичных отложений каолина, чем состав исходного материала, минералы устойчивые к воздействию поверхностных условий могут говорить о разном генезисе первичного материала. Даже стратиграфические единицы, богатые кальцитовыми и доломитовыми известняками, которые обычно содержат мало алюминия и кремнезема, но все же достаточно, чтобы накапливать каолинит в течение длительных геологических периодов времени в ходе карстификации (Dill, 2016).

В ходе исследования минерального состава глин Шулеповского месторождения огнеупорных глин микронзондовый анализ показал наличие циркона и монацита. Эти два минерала, по мнению Фридмана (Friedman, 1992), который сделал большую обобщающую работу, являются указателями на материал первично «мафических» пород.

Понимание «мафических» пород в Европе несколько отличается от привычного в нашем понимании определения. Это магматические светлоцветные породы. И если монацит бывает встречается в породах первично гидротермально-метасоматического генезиса, то циркон однозначно указывает на первично магматические породы.

Сделанный анализ каолиновых глин на содержание в них РЗЭ показывает распределение очень близкое к распределению РЗЭ из гранитных массивов Германии (Dill, 2012). Несколько заниженные содержания относительно содержаний, показанных Диллом может говорить о небольшом вымывании минералов носителей. Однако, общий тренд и распределение вместе с европиевой аномалией, сильно отличают каолины Шулеповского месторождения огнеупорных глин от каолиновых глин первично гидротермально-метасоматического генезиса и каолиновых глин, образовавшихся из туфов.

В итоге проделанной работы можно сделать вывод, что каолиновые глины Шулеповского месторождения имеют первично магматический источник.

Литература

1. *Кориунов Д. М., Богуславский М. А.* Минералого-геохемические особенности, генезис и возраст огнеупорных глин Шулеповского месторождения (Рязанская область, центральная часть Европейской России) // *Литология и полезные ископаемые*. — 2022. — № 1. — С. 85–102.
2. *H.G. Dill.* Kaolin: Soil, rock and ore from the mineral to the magmatic, sedimentary and metamorphic environments // *Earth-Science Reviews*. - 2016 – 161- p. 16–129
3. *Friedman, G.M., Sanders, J.E., Kopaska-Merkel.* Principles of Sedimentary Deposits// *MacMillan Publ, - Co., D.C., USA -1992 - 717 pp.*

О НЕКОТОРЫХ СТРУКТУРНЫХ И ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ МЕДНОПОРФИРОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МИХЕЕВСКОЕ (Ю. УРАЛ)

А.А. Бурмистров, В.В. Хребтиевский

Михеевское месторождение приурочено к Михеевской грабен-синклинали и контролируется узлом пересечения сбросов и взбросо-сдвигов субмеридионального, СВ и СЗ простирания. Штокверковое оруденение образует крутопадающие зоны преимущественно ССВ простирания во вмещающих основных вулканитах, дайках гранодиоритов и гранит-порфиров девон-каменноугольного возраста [1].

Проведены массовые замеры магнитной восприимчивости вмещающих пород и руд (κ , 10^{-5} ед. СИ) и ориентировок прожилков рудного штокверка на верхних (+220-205м), средних (+190-160м) и нижних (+55-70м) горизонтах карьера Северного участка месторождения (табл. 1). Зоны с богатым оруденением характеризуются на каждом из указанных уровней наибольшими значениями магнитной восприимчивости и плотности штокверка (Ршт, число прожилков в 1 м^3 пород) основных систем (ССЗ-ной и ВСВ-ной) (рис.1). Система среднего-пололого падения преимущественно СЗ-ной ориентировки (спп) развита слабее, особенно по величине Ршт рудных прожилков. В зонах с рядовыми содержаниями меди обычно доминирует одна из указанных основных систем, а в зонах бедного оруденения нередко обе основные системы развиты слабо, либо ССЗ-ная вообще отсутствует. Наиболее интенсивно ССЗ-ная система рудных прожилков (Ршт достигает 20 и более прож/ м^3) развита на верхних горизонтах, особенно в эндо-экзоконтактах даек, внедрившихся вдоль зон разломов и трещиноватости. Часто рудные прожилки развиты по ранним кварц-полевошпатовым, кварц-хлорит-эпидотовым, хлорит-карбонат-тальковым, гематит-эпидотовым (рис.2), образование которых связано с дорудным этапом контактового метаморфизма и метасоматоза при внедрении, длительном остывании и контракции скрытого гранитоидного плутона, что типично и для других магматогенных месторождений [1]. Это объясняет широкое развитие дорудных прожилков среднего-пололого падения в субпослойных трещинах надвигового и контракционного генезиса. В талькитах, развитых над серпентинитами в южной части карьера наблюдается сеть мелких кварц-сульфидных прожилков и просечек, что обусловлено, с одной стороны, приуроченностью талькитов к тектоническим зонам (рассланцевание пород, тектонические нарушения), с другой - хрупко-пластическим характером деформирования талька. Наиболее интенсивное ороговикование пород - с широким развитием магнетита и ростом магнитной восприимчивости - проходило в зонах интенсивной субвертикальной сколовой трещиноватости, прежде всего, на участках пересечения ССЗ-ной и ВСВ-ной систем трещин, имевших наибольшую проницаемость для метаморфогенных флюидов и теплового потока, а после подновления

трещин — и для гидротермальных рудных растворов. Коэффициент трещинной проницаемости пород (Кпр) прямо связан с шириной раскрытия трещин (d, мм) и с плотностью их сети (теперь соответствующей плотности штокверка - Ршт) [2]:

$$K_{пр} = (1\sqrt{12}) \cdot d^3 \cdot R_{шт} \cdot \cos\alpha, \text{ где}$$

α — угол между полюсом системы трещин и направлением потока флюидов.

При его величине близкой к 90^0 направление потока примерно совпадает с плоскостью системы трещин, при этом ее проницаемость становится максимальной.

Установленные закономерности можно использовать как элемент прогнозно-поисковой модели оруденения данного типа, а также для уточнения ориентировки поисковых и разведочных скважин.

Авторы выражают благодарность руководству ОАО «Михеевский ГОК» и лично главному геологу ГОКа Ерастову Е.А. за предоставление возможности и условий для проведения этих исследований.

Табл.1. Петрофизические и структурные параметры руд на различных горизонтах.

Горизонты	Руды	Магнитная восприимчив ость	Ориентировка систем прожилков		
			ССЗ	ВСВ	СПП
220-205м	богатые	1665	ССЗ	ВСВ	СПП
	рядовые	474	ССЗ	всв	СПП
	бедные	129	ссз	всв	СПП
190-160м	богатые	630	ССЗ	ВСВ	
	рядовые	262	ССЗ	ВСВ	СПП
	бедные	218	ссз	ВСВ	СПП
55-70м	богатые	813	ССЗ	ВСВ	СПП
	рядовые	498	ссз	ВСВ	
	бедные	151		ВСВ	СПП

Литература

1. Бурмистров А.А., Хайрядинов Р.Р. Выявление магма- и рудоконтролирующей купольной структуры и рудных зон по петромагнитным и петроплотностным данным (на примере золоторудного месторождения Светлинское, Ю. Урал)// Шестнадцатая международная конференция «Физико-химические и петрофизические исследования в науках о Земле». Материалы конференции. М.: ИГЕМ РАН, 2015. С. 57-61.

2. Структурно-петрофизический анализ месторождений полезных ископаемых: Учебник /Бурмистров А.А., Старостин В.И., Дергачев А.Л., Петров В.А. - 2-е изд., испр. И доп. - МАКС Пресс, 2009. -408 с.

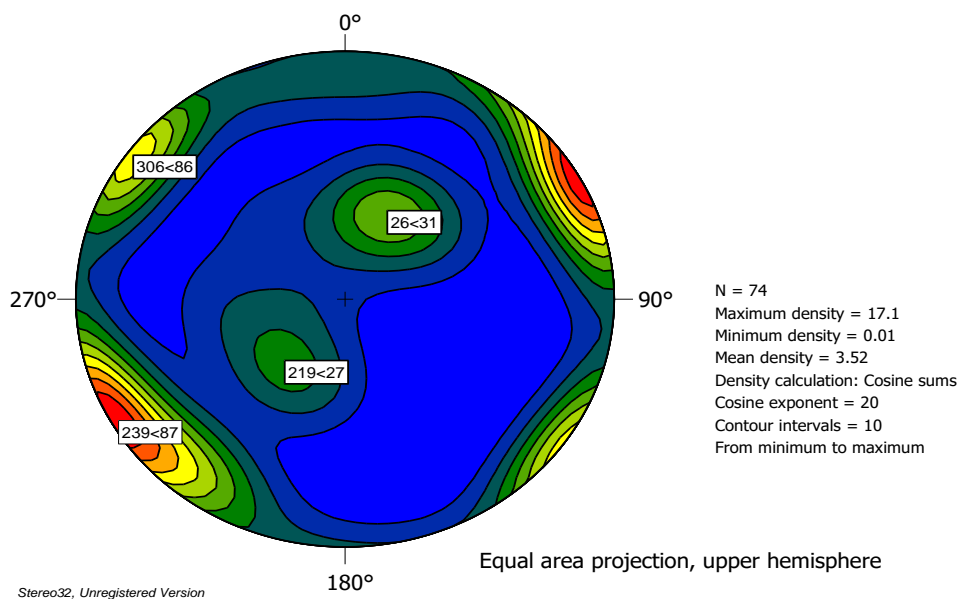


Рис.1. Круговая диаграмма ориентировки прожилков, жил и даек на 160-м горизонте (2016 г.) в изолиниях абсолютной плотности их распределения (в прямоугольниках приведены значения азимутов и углов падения систем штокверка). Максимальная плотность 17,1 замера (красная область диаграммы), минимальная — 0,01 (голубая). Общее число замеров N = 74.

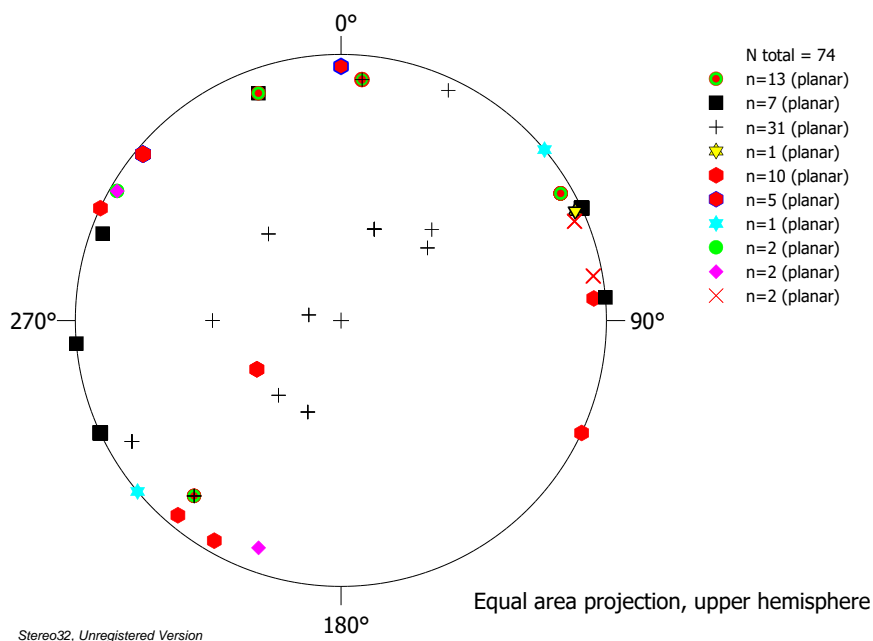


Рис. 2. Круговая диаграмма ориентировки прожилков, жил и даек разного состава на 160-м горизонте (2016 г.). Условные обозначения - на шкале справа (буквой n указано количество замеров), сверху вниз: прожилки эпидот-гематитовые (13), кварц-пиритовые (7), кварцевые (31), дайка гранит-порфиров (1), кварц-пирит-халькопиритовые (10), халькопирит-молибденитовые (5), дайка диоритовых порфиров (1), кварц-эпидот-хлоритовые (2), карбонатные (2), плоскости сместителей тектонических нарушений (2).

Все значки соответствуют полюсам - перпендикулярам к плоскостям прожилков, жил, даек.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ОКОНТУРИВАНИЯ РУДНЫХ ТЕЛ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СИЛИКАТНОГО НИКЕЛЯ

А.А. Борисов, М.А. Богуславский

При подсчете запасов месторождений полезных ископаемых одна из важнейших задач – определение параметров кондиций и методов оконтуривания рудных тел. Статистический анализ кондиционных параметров и методов выделения рудных интервалов позволяет в короткие сроки оценивать изменения запасов при различных вариантах подсчета. Исследования проводились на Буруктальском месторождении силикатного никеля. Для проведения расчетов использована база данных разведочных скважин, пробуренных на месторождении с 1970 по 2012 год. Вычисления проводились в ПО Micromine, всего использованы данные по 6498 выработкам.

Анализ проводился с использованием двух подходов к оконтуриванию оруденения. Первый подход соответствует общепринятому определению границ рудных интервалов, при котором их положение определяется исходными данными опробования; условно его можно назвать «традиционным». Второй подход использует в качестве границ рудных интервалов высотные отметки уступов или подуступов карьера. В этом случае в качестве бортового содержания рассматривается среднее содержание в пробах/композитах, рассчитанное на всю высоту уступа/подступа и не противоречит методическим требованиям ГКЗ [1]. В числе основных параметров, характеризующих свойства оруденения, рассмотрены: число интервалов, среднее содержание никеля, суммарная мощность рудных интервалов, суммарный метропроцент никеля. Дополнительным производным параметром является средняя мощность рудных интервалов. Число рудных интервалов и их изменение косвенно характеризуют снижение или повышение сложности строения объекта. Суммарная мощность рассматривается как эквивалент запасов руды, а суммарный метропроцент - как эквивалент запасов металла. Для предварительного анализа выбран шаг 0.2%; рассмотрены значения содержаний никеля 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 и 1.0% с различными вариантами мр (минимальной мощности рудного тела – 1, 2 и 4 м) и мпп (максимальной мощности пустого прослоя, включаемого в контур подсчета – 2 и 4 м)

При увеличении величины минимальной мощности рудного тела с 1 м до 2 м сокращается число рудных интервалов, уменьшаются запасы руды и запасы металла. Это снижение связано с исключением из подсчета рудных интервалов, не соответствующих требованиям кондиций к величине минимального метропроцента. Например, для варианта $S_b = 0.6\%$, значение этого показателя изменяется с 0.6 м*% до 1.2 м*%. Доля числа рудных интервалов, исключенных по причине несоответствия минимальному метропроценту (1.2 м*%), равна 26%. Запасы руды в

таких интервалах составили 9,7% от исходных, а запасы никеля – 2.4%. Среднее содержание никеля в таких интервалах – 0.71%, что несколько выше установленного бортового лимита.

Сходным образом, на примере вариантов 2-2 и 2-4 можно проанализировать влияние на параметры оруденения изменения мощности прослоев пустых пород и некондиционных руд (Мпп). При одинаковых значениях бортового содержания увеличение Мпп с 2 до 4 м приводит к сокращению числа рудных интервалов на 3-7%. При этом несколько возрастают запасы руды и металла (1.0-1.5%); среднее содержание никеля остается практически на том же уровне. Такая ситуация может возникать за счет относительно высоких содержаний никеля в разделяющих руду промежутках при их лимите 4 м. Формальное дополнительное выделение пустых прослоев мощностью 2 м приводит к увеличению числа рудных интервалов и потере некоторой части руды и запасов никеля.

Для «поуступного» оконтуривания приняты мощности 2 и 4 м, что соответствует $\frac{1}{4}$ и $\frac{1}{2}$ высоты эксплуатационного уступа, применяемого на Буруктальском месторождении. Расчеты проведены на том же массиве данных, с определением параметров, соответствующих «традиционному» подходу. При сравнении варианта «традиционного» оконтуривания 2-2 с оконтуриванием по эксплуатационным уступам, во втором случае значительно уменьшается средняя мощность рудных тел: на 7.5 %, при этом изменения запасов металла всего на - 2.1 %. Уменьшение геологоразведочных параметров связано со скрытым разубоживанием.

В результате проведенного статистического анализа можно сделать вывод, что кондиционные показатели при сравнении «традиционных» рудных интервалов и интервалов, построенных по эксплуатационным уступам, практически аналогичны, что позволяет использовать для подсчета запасов оконтуривание по уступам. Кроме того, оконтуривание по уступам позволяет давать объективную характеристику параметров оруденения, поскольку учитывает скрытые потери и разубоживание. Статистический анализ кондиционных параметров позволяет оперативно оценить изменение запасов и средних содержаний полезного элемента, а также мощность рудного тела для различных вариантов кондиций, что позволяет в короткие сроки определить оптимальные параметры кондиций для дальнейшего подсчета запасов.

Литература

1. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев). ФБУ «ГКЗ», М., 2007.