

УДК 622.142.5:537

Тимохин Александр Владимирович

научный сотрудник
сектора управления качеством
минерального сырья,
Институт горного дела УрО РАН,
620075 г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: timohin.igduran.geo@mail.ru

Титов Роман Сергеевич

старший научный сотрудник
сектора управления качеством
минерального сырья,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: ukrigd15@mail.ru

Яковлев Андрей Михайлович

старший научный сотрудник
сектора управления качеством
минерального сырья,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: quality@igduran.ru

Козлова Мария Владимировна

техник сектора управления качеством
минерального сырья,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: mkoz94@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ
ЭЛЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ СОРТОВОЙ
ГЕОМЕТРИЗАЦИИ ЗАЛЕЖИ ПОРОД
ГРУППЫ ГАББРО В СЫРЬЕВЫХ
НОРМАХ МИНЕРАЛОВАТНОГО
ПРОИЗВОДСТВА (ИЗ АРХИВОВ
ОКСИДМЕТРИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ
УРАЛА)***Аннотация:*

Нагорные массивы главной магмогенной гряды Урала – место нахождения залежей твердо-минеральных ископаемых, в основном в условиях плагиоклаз-пироксеновой минерализации. Кристаллические структуры характеризует смещение от ионной связи в породах среднего состава к преобладанию ковалентного типа – в основных и ультраосновных. В статье формулируется идея восполнения методов сырьевой оценки. Предложены петрофизические измерения и алгоритмы оксидметрической обработки данных. Выделены свойства спектральных объектов окислов Ca, Mg, Si, Al (Mg и Al- полупроводниковые источники носителей). В расчетах использованы константы, установленные впервые в период с 2002 по 2004 г. на карбонатных оруденениях. Показано, что габбро свойственен донорно-акцепторный механизм и обменный – в области состава норитовых разностей (влияние магнитных фаз железа), формирующие общую дифференциацию проводимости. Сорто-

DOI: 10.25635/2313-1586.2020.02.160

Timokhin Alexander V.

Researcher,
sector of quality management
of mineral raw materials,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS,
620075 Ekaterinburg,
58 Mamina-Sibiryaka Str.
e-mail: timohin.igduran.geo@mail.ru ,

Titov Roman S.

Senior Researcher,
sector of quality management
of mineral raw materials,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS;
e-mail: ukrigd15@mail.ru ,

Yakovlev Andrey M.

Senior Researcher,
sector of quality management
of mineral raw materials,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS
e-mail; quality@igduran.ru,

Kozlova Maria V.

Technician, sector of quality management
of mineral raw materials,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS
e-mail: mkoz94@mail.ru

**STUDY ON FEASIBILITY
OF ELECTROMETRY FOR VARIETAL
GEOMETRIZATION OF GABBRO GROUP
ROCK REEFS IN RAW MATERIAL NORMS
OF MINERAL-COTTON PRODUCTION
(FROM THE ARCHIVES
OF OXIDE-METRIC EXPLORATION
OF URAL DEPOSITS)***Abstract:*

Upland massifs of the main magmogenic ridge of the Urals are the location of deposits of solid minerals, mainly in the conditions of plagioclase-pyroxene mineralization. Crystal structures are characterized by a shift from the ionic bond in rocks of medium composition to the predominance of the covalent type – in basic and ultrabasic. The paper formulates the idea of completion the methods of raw materials estimation. We propose petrophysical measurements and algorithms for oxide-metric data processing. To notice are properties of spectral objects of oxides of Ca, Mg, Si, and Al (Mg and Al are semiconducting carrier sources). The calculations use constants established for the first time in the period from 2002 to 2004 on carbonate mineralization. It is shown that gabbro is characterized by a donor-acceptor mechanism and an exchange mechanism in the region of the composition of norite differences (the influence of magnetic phases of iron), which form a general differentiation of conductivity. Varietal geometrization is the goal of electrometry in the

вая геометризация – цель электрометрии в геохимической обстановке залежи Пожарная (Баженовское месторождение). Приводится способ выделения формул связи модуля кислотности, как показателя оценки минераловатного производства, и измерений, универсальный для габбро, диабазов и базальтов. Даны примеры обмеров и рисунки изолиний модуля на высоту блока. Формулируется подход высокоточной оценки для информационной поддержки сортового планирования. Представлены графические материалы разведки на основе электрометрии, анализируется эффект метода на участке контакта с серпентинитом в решении задач энергоресурсосбережения. Интерпретация сигналов и носителей позволяет связать сортовой рост проводимости с уплотнением, с ростом основности и магнитной восприимчивости (магнетизации), что выделено, как предмет оценки кернов, проб из развалов и измельчений, включая металлургические клинкеры и отходы серпентинизации. Раскрываются преимущества электрометрии – совмещение с технологической оценкой, гибкие методики сгущения сортовых геоданных между скважинами детальной разведки и взрывания, картирование и идентификация свойств сырья, восполняющие результаты петрологии и превосходящие по точности ряд опробования и все виды каротажей.

Ключевые слова: залежь пород габбро, минераловатное сырье производства минеральной ваты, электрометрия, оценочная геометризация, сортовое планирование, геотехнология

geochemical environment of the Pozharnaya Deposit (Bazhenovskoye field). The paper offers a method for determining the coupling formulas of the acidity modulus as an indicator for evaluating mineral-cotton production and measurements, universal for gabbro, diabase and basalts. Examples of measurements and drawings of module isolines on the block height are given. A high-precision estimation approach for information support of varietal planning is formulated. Graphic materials of exploration based on electrometry are shown, the effect of the method on the contact area with serpentinite in solving energy and resource saving problems are analyzed. Interpretation of signals and carriers allows us to link the varietal growth of conductivity with concentration, with the growth of basicity index and magnetic susceptibility (magnetization). What is singled out as the subject of assessment: cores, samples from bits and pieces, including metallurgical clinkers and serpentinitization waste. The advantages of electrometry are revealed – combining with technological assessment, flexible methods for thickening varietal geodata between wells for detailed exploration and blasting, mapping and identifying the properties of raw materials, filling in the results of petrology and exceeding accuracy of a number of tests and all types of well logging measurements.

Keywords: gabbro rock Deposit, mineral wool production raw materials, Electrometry, estimated geometrization, varietal planning, Geotechnology

Введение

На Урале месторождения нагорного типа осваиваются в большинстве начиная с разработки карьерами. Перевалка значительной горной массы – сложные переходные условия сырьевой оценки. Этапы доступности обмеров горных блоков выгодны для соблюдения планов сортового анализа, но гораздо чаще имеющиеся методические средства это выполнить в полной мере не способны.

Между тем требуются эффективные схемы управления качеством, планирования буровзрывных работ (БВР), прогноз параметров извлечения, нормирование потерь и разубоживания [1 – 2].

В статье предложена оригинальная методика изучения залежей габбро в главном карьере Баженовского месторождения (хризотиласбест). Добывающее предприятие, организовав производство минераловатных изделий из вскрышной горной массы пород группы габбро, вносит вклад в решение актуальных задач комплексного использования недр и импортозамещения в Российской Федерации.

Подходы и результаты исследования

Евразийская континентальная горная система Урал представляет собой меридиональные кристаллические комплексы главной гряды магматических пород и примыкающих с запада и востока сводовых толщ карбонатно-осадочных пенеппленов. Георесурсы нагорных месторождений в абсолютном большинстве – это кристаллические, оксид-минеральные образования (рис. 1) [3 – 6].

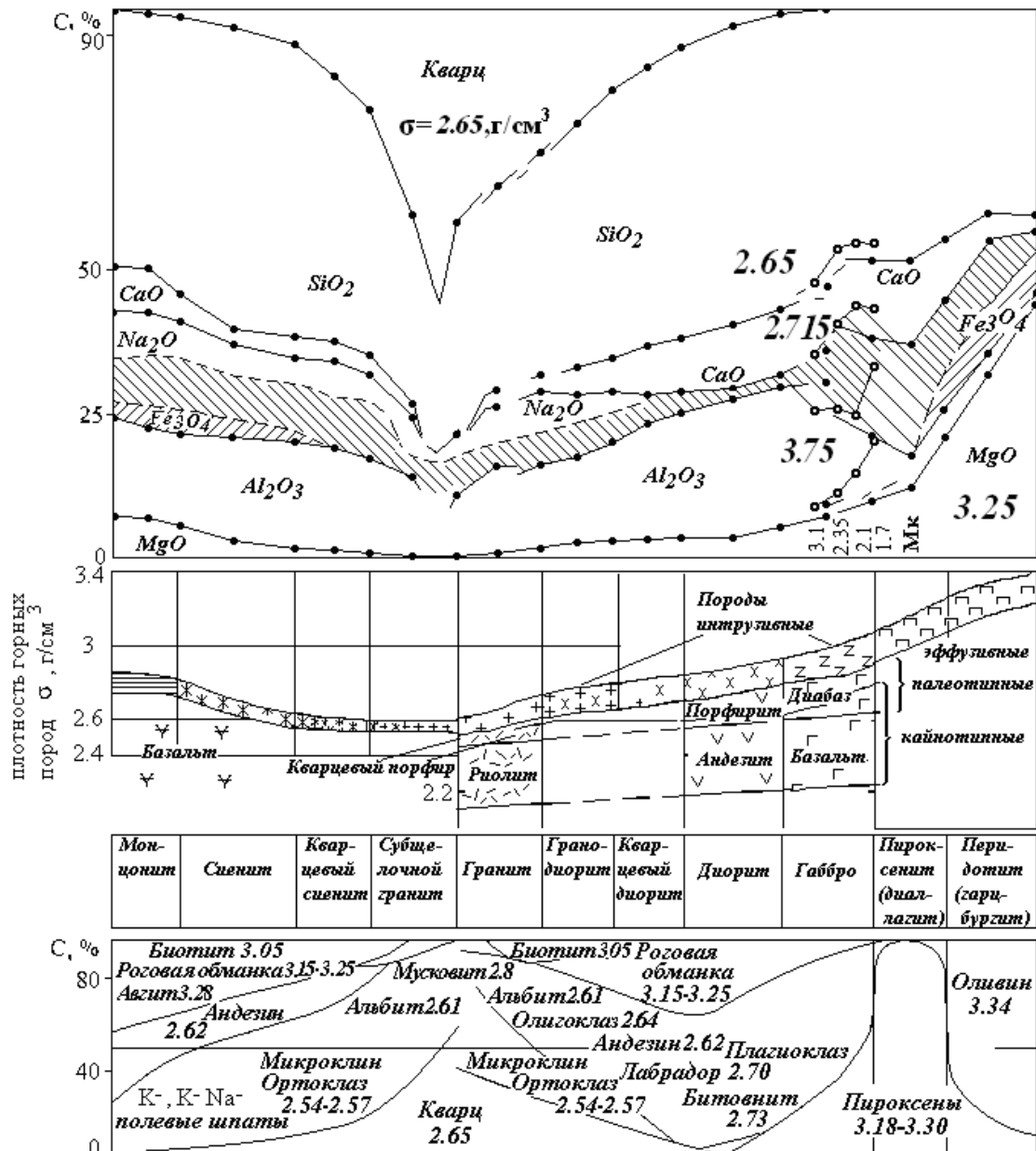


Рис. 1 – Химический и минеральный состав магматических пород по А. Н. Заварицкому и Н. Б. Дортман [3 – 6]

«Штриховка» – подчиненные окислы: MnO в земельном ряду; K₂O – в щелочном; M_к – модуль кислотности (габбро); Na₂O, K₂O, MnO, MgO, Al₂O₃, FeO – в магмогенных средах в виде микроразмерных и рассеянных фаз

Раскрытие дифференциации и направленности изменения свойств легких окислов непосредственно касается истории вопроса в изучении полупроводников. Сортовая роль окислов sr- металлов (атомных номеров ≤ 20) ранее не была разграничена, их влияние как петрофизических объектов суммарно приравнивалось к флуктуационным (слабым) и неопознанным (нестационарным) сигналам. Но синергия отдельных, легких окислов и аддитивность другой, большей их части (- диэлектрики) вскрывают то, что свойства ТПИ и вмещающих толщ границ природы полупроводников не переходят [7 – 13].

Карбонатным рудам свойственны одиночные приросты, в бокситах Al₂O₃ (+ 56 % на контактах с известняком), в магнезитах MgO (+ 27,7 % в доломит) замещен CaO (табл. 1).

Таблица 1
 Электрические сопротивления: карбонатных руд и пород; константы окислов

СУБР		ОАО «Комбинат Магнезит»		СУБР
Порода, руда	Известняк	Доломит	Магнезит	Боксит
Формула	Ca CO ₃	Ca, Mg CO ₃ MgO = 20 %	Ca, Mg CO ₃ MgO = 47,7%	Ca, Al CO ₃ Al ₂ O ₃ = 56 %
Сопротивление руды/породы, Ом.м	12000	4700 (3840)	1300 (984)	240 (200)
Минерал (фракция)		Магнезия		Глинозем
Формула		MgO = 100 %		Al ₂ O ₃ = 100 %
Сопротивление, Ом.м		400 = 10 ^{2,6}		20 = 10 ^{1,3}

Примечание: свойства на осадочных, низкотемпературных залежах [3]

Габбро – основная интрузивная порода, используется в производстве минераловатных изделий. Metallургический клинкер корректируется известняком (источник CaO). Оценке кондиций (плавкость, вспенивание при плавке) служит модуль кислотности:

$$M_k = \frac{SiO_2 + Al_2O_3}{CaO + MgO} \quad (1)$$

Высший сорт определяет $M_k \geq 1,7$ отн. ед., средний 1,4, предел 1,2. Геологические химотипы инварианты, глинозем имеет сопротивление 20 Ом.м, отношение магнезии к глинозему 400 к 20 – также 20. Как показал корреляционный анализ (29 проб), нет значащих связей модуля с 1/CaO (коэффициент корреляции $r = 0,137$) и с SiO₂ ($r = 0,246$). Связи M_k с 1/MgO ($r = 0,873$), с Al₂O₃ ($r = 0,832$) и с Al₂O₃/MgO ($r = 0,832$) устойчивы. Прикладное значение имеют связь ρ_n с Al₂O₃/MgO ($K_T=0,833$) и оксидметрическое соотношение (рис. 2).

Съемки сопротивлений с поверхности блоков по равномерной сети (6×6-12 м) и итоговые карты изолиний M_k (отн. ед.) показали, что участок вблизи серпентинитов, непосредственно у контакта (рис. 3, пунктир), неоднороден.

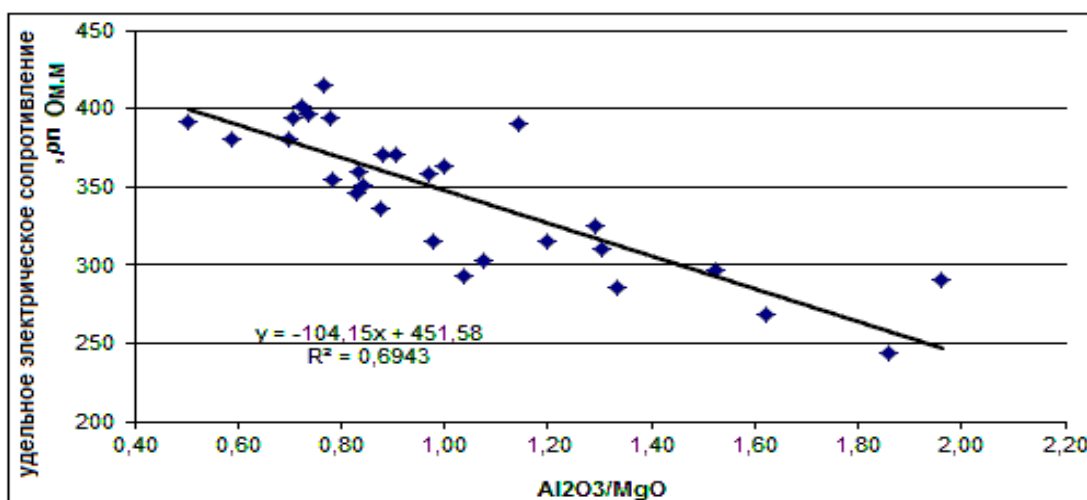


Рис. 2 – Связь сопротивления ρ_n и модуля $\sim Al_2O_3/MgO$ габбро

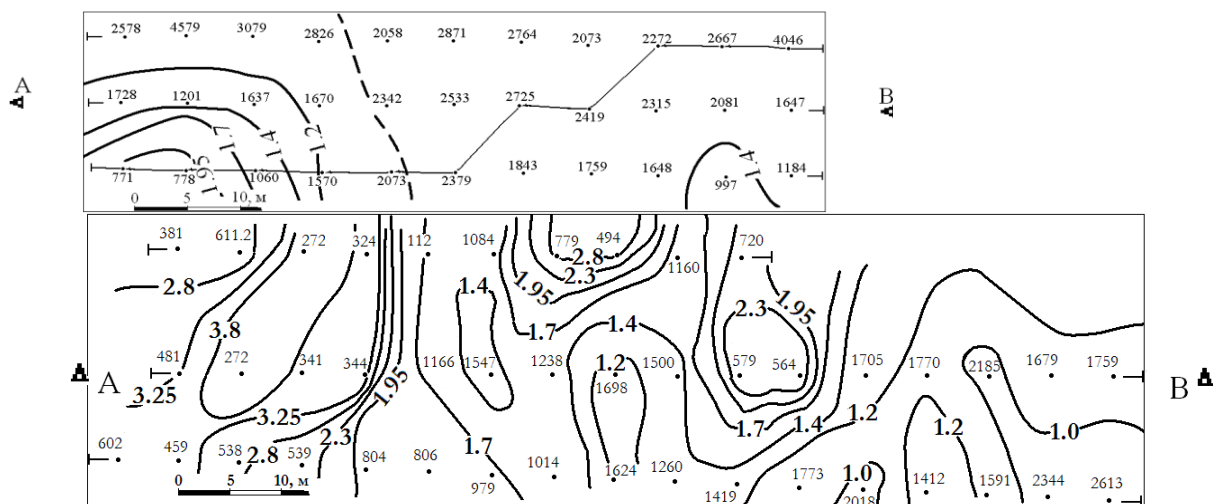


Рис. 3 – Карты разведки габбро (залежь Пожарная, Баженово)

По основаниям высших модулей создают резерв известняка, корректируют клинкер и темкратно увеличивают продукцию, оптимально расходуют минеральную базу габбро.

Выводы

В породах габбро металлургические кондиции (плавкость, вспенивание) определяет модуль кислотности M_k . Обмены окислов отличают минерализации: плагиоклаза и улучшение, пироксеновую – понижение качества (см. рис. 1).

Закономерную связь измеренных (сопротивление) и сортовых (модуль кислотности) параметров всецело определяют выделенные константы окислов (см. табл. 1), детерминированные носителями.

Обсуждается донорно-акцепторный механизм формирования ковалентной связи при внедрении Mg, Al в среду ионных типов. К ионной связи можно уверенно отнести геологические сочетания окислов: SiO_2 , K_2O , Na_2O , CaO (малые электронные потенциалы и идентичность аниона: кислород $O(2-)$ – сильнейший окислитель). В исследованном ср- окружении носители MgO и Al_2O_3 можно объяснить единственно избытком металла, полагая в Na_2O или, начиная уже с CaO , напротив, стехиометричность формул по валентности [14].

Неотъемлемым звеном анализа явилось изучение плотностей. Так, например, ранее установлено [15], что идеально чистый известняк $CaCO_3$ обладает $\sigma = 2,54 \text{ т/м}^3$, диэлектрики на его базе могут быть на 4 порядка выше сопротивлением, чем SiO_2 . Но все геологические образования за счет присутствия магнезии и глинозема обладают полупроводниковыми свойствами и, соответственно, в оценочных системах есть перспективы использования закономерной дифференциации физических свойств.

Пример изучения подкрепляет идею спектрально-сортового планирования в структурных условиях нагорных месторождений Урала, актуальность оценочных систем сигнальных разрешений петрофизики.

Литература

1. Типовые методические указания по нормированию потерь твердых полезных ископаемых при добыче / Госгортехнадзор СССР. – Москва, 1972. – 154 с.
2. Агошков М. И. Основные показатели полноты и качества извлечения полезных ископаемых из недр при добыче / М. И. Агошков. – Москва : СФТГП ИФЗ АН СССР, 1970. – 39 с.
3. Дортман Н. Б. Петрофизика. Горные породы и полезные ископаемые / Н.Б. Дортман. – Москва : Недра, 1992. – 391 с.

4. Дортман Н. Б. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика) / Н. Б. Дортман. – Москва : Недра, 1984. – 455 с.
5. Заварицкий А. Н. Физико-химические основы петрографии изверженных горных пород / А. Н. Заварицкий, В. С. Соболев. – Москва : Госгеолтехиздат, 1961. – 384 с.
6. Заварицкий А. Н. Изверженные горные породы / А. Н. Заварицкий. – Москва : Изд-во АН СССР, 1960. – 479 с.
7. Кантемиров В. Д. Оценка засоренности массива известняка с использованием методов электроразведки / В. Д. Кантемиров, А. В. Тимохин, Р. С. Титов // Маркшейдерия и недропользование. – 2018. – № 2. – С. 21-31.
8. Таныгин О. Ф. Точность и надежность электрометрического метода контроля физико-механических свойств почвы / О. Ф. Таныгин, Т. И. Романова // Вестник Курской ГСХА. – 2017. – № 7. – С. 44-47.
9. Результаты электрометрии при поиске участков засоления подземных вод в зоне активного водообмена / Ю.И. Степанов, С.М. Костарев, А.В. Горожанцев, А.А. Тайницкий // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – 2019. – № 2 (39). – С. 284-292.
10. Колмогорова С. С. Особенности построения моделей сенсоров трехкоординатных измерений напряженности электрического поля / С. С. Колмогорова, А. С. Колмогоров, С. В. Бирюков // Омский научный вестник. – 2017. – № 3 (153). – С. 87-91.
11. Татаркин А. В. Прогноз колебаний земной поверхности и оценка степени опасности изменений инженерно-геологических условий территорий с активной тектоникой / А. В. Татаркин // Успехи современного естествознания. – 2019. – № 7. – С. 113-119.
12. Исследование ослабленности массива пород при подземной добыче руд / В.И. Голик, С. А. Масленников, А. М. Нуньес Родригес, В. И. Анищенко // Горные науки и технологии. – 2019. – Т. 4, № 4. – С. 251-261.
13. Tkachev A. V. Geological and geophysical interpretation of induced-polarization data on gold deposits in the Yana-Kolyma orogenic belt / A. V. Tkachev, I. M. Khasanov, T.I. Mikhalitsyna // Russian Geology and Geophysics. Volume 58, Issue 11 November. - 2017. - P. 1426-1434.
14. Madelung O. Substance: Fe₃O₄. Property: electrical conductivity / O. Madelung // Semiconductors Eds.: Springer, 2000.
15. Геометризация оруденений с применением электрометрии (на примере месторождений огнеупоров и бокситов) / А. В. Тимохин, Ю. В. Лаптев, Р. С. Титов, А.М. Яковлев // Известия вузов. Горный журнал. – 2012. – № 6. – С. 94-102.