



**Бурмистров А.А.**  
канд. геол.-мин. наук  
МГУ имени М.В. Ломоносова  
доцент кафедры геологии, геохимии  
и экономики полезных ископаемых  
alek.burmistroff2017@yandex.ru



**Хребтиевский В.В.**  
МГУ имени М.В. Ломоносова  
магистр кафедры геологии, геохимии  
и экономики полезных ископаемых  
st064292@gmail.com



**Ерастов Е.А.**  
АО «Михеевский горно-  
обогатительный комбинат»  
главный геолог  
Evgenij\_Erastov@mgok.rcc-group.ru

# ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СВЯЗИ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ С ТИПАМИ И ИНТЕНСИВНОСТЬЮ МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД И РУД НОВНИКОЛАЕВСКОГО УЧАСТКА МИХЕЕВСКОГО МЕДНО-ПОРФИРОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

*Произведено изучение химического и минерального состава 11 образцов вмещающих пород Новониколаевского участка, в разной степени измененных предрудными и синрудными метасоматическими процессами с рядом их петрофизических параметров. На основе статистического анализа полученных данных показана принципиальная возможность осуществления экспрессной количественной оценки характера и степени метасоматических преобразований вмещающих пород этого участка по петрофизическим данным.*

**Ключевые слова:** структурно-петрофизический анализ, метасоматические изменения, медно-порфировое оруденение, петрологическое исследование образцов, Новониколаевский участок, Михеевское месторождение, Южный Урал.

Проведенные в этой работе комплексные исследования 11 образцов керна вмещающих пород и руд из керна скважин Новониколаевского участка Михеевского месторождения включали количественное изучение их минерального и химического состава, измерение ряда их физико-механических, магнитных и ядерно-физических свойств и статистическую оценку взаимных связей этих параметров. В дальнейшем расширение и уточнение этой информации позволит проводить петрофизическое картирование как данного, так и других подобных рудных объектов с целью уточнения их структуры и условий локализации оруденения, что является основой структурно-петрофизического анализа рудных полей и месторождений. Это направление структурных исследований использует положением о фундаментальной теоретически обоснованной и инструментально проверенной количественной зависимости величин различных петрофизических свойств пород и руд от их состава и структуры [Старостин, 1979], что является следствием геологических процессов их образования и наложенных изменений. Это было не раз подтверждено и развито в работах многих исследователей, посвященных изучению рудных месторождений различных типов, в том числе и в публикациях авторов этой статьи [Бурмистров и др., 2009, 2015, 2022].

### Краткий очерк геологического строения Новониколаевского участка

Новониколаевский участок находится на территории Варненского муниципального района Челябинской области, юго-западнее Михеевского медно-порфирикового месторождения. В структурном отношении он приурочен к западному крылу Михеевской грабен-синклинали, которое осложнено субмеридиональным Тарутинско-Джетыгаринским магмо- и рудоконтролирующим разломом. В геологическом строении участка принимают участие стратифицированные образования ащисуйской толщи ( $D_3-C_1$ ) известняков, андезибазальтов, туфопесчаников, алевролитов, которая прорвана позднедевон-раннекаменноугольными Михеевским диорит-порфириковым и Ульяновским дацит-риодацитовым интрузивными комплексами (рис. 1). Медно-порфириковое оруденение представлено субмеридиональным линейным штокверком, прослеживающимся на 1,6 км по простиранию и образованным преимущественно крутопадающими кварц-карбонат-хлоритовыми прожилками, вкрапленностью и мелко-гнездовыми агрегатами пирита и халькопирита. Пространственно образование штокверка контролировалось мелкой трещиноватостью, развитой в

зоне динамического влияния магмо- и рудоконтролирующего Тарутинско-Джетыгаринского субмеридионального разлома субвертикального падения, а также локальными поперечными разрывными нарушениями. В зоне его влияния медно-порфириковая минерализация тяготеет к экзо- и эндоконтактам штоков и даек Михеевского рудоносного комплекса.

Вмещающие породы участка в различной степени метасоматически преобразованы. Распространены предрудные гранат-пироксен-эпидотовые и синрудные карбонат-серицитовые, хлорит-кварцевые изменения. Петрографическое описание и микронзондовый анализ образцов с различными метасоматическими изменениями приводится ниже (рис. 2-11, табл. 1-2).

### Описание обр. 2.

Кварц-серицит-хлоритовый метасоматит по алевролиту с гранобластовой, алевритовой, тонкозернистой структурой и массивной, сланцеватой текстурой, в своем составе содержит (в %): кварц (30), серицит (25), сидерит (20), пирит (15), хлорит (10). С хлоритизацией и окварцеванием связан привнос пирита, карбонат (сидерит)-серицитовые изменения более поздние (рис. 2, 3).

### Описание обр. 5.

Кварц-карбонат-хлорит-серицитовый метасоматит по долериту с диабазовой, неравномернозернистой структурой, плосковолнистой сланцеватой, местами массивной текстурой, в своём составе содержит (в %): серицит (30), карбонат (30), кварц (18), плагиоклаз (15), хлорит (5), лейкоксен (2). Плагиоклаз реликтовый от замещённой материнской породы, хлорит замещает темноцветы, кварц-карбонат-серицитовые изменения наиболее поздние (рис. 4, 5).

### Описание обр. 4.

Хлоритизированный и окварцованный известняк с гетеробластовой, коррозионной структурой, пятнисто-полосчатой текстурой, в своём составе содержит (в %): карбонат (50), кварц (17), пирит (15), хлорит (13), халькопирит (5), рутил, пирротин – единичные зёрна. С хлоритизацией связан привнос пирита, окварцевание и анкеритизация первичного кальцита более поздние (рис. 4). В анкерите встречается примесь марганца (рис. 6, 7, 8, табл. 1).

### Описание обр. 3.

Окварцованный, карбонатизированный и хлоритизированный гранат (гроссуляри)-эпидотовый скарн с гомеобластовой, мелкозернистой структурой, пятнисто-полосчатой тексту-

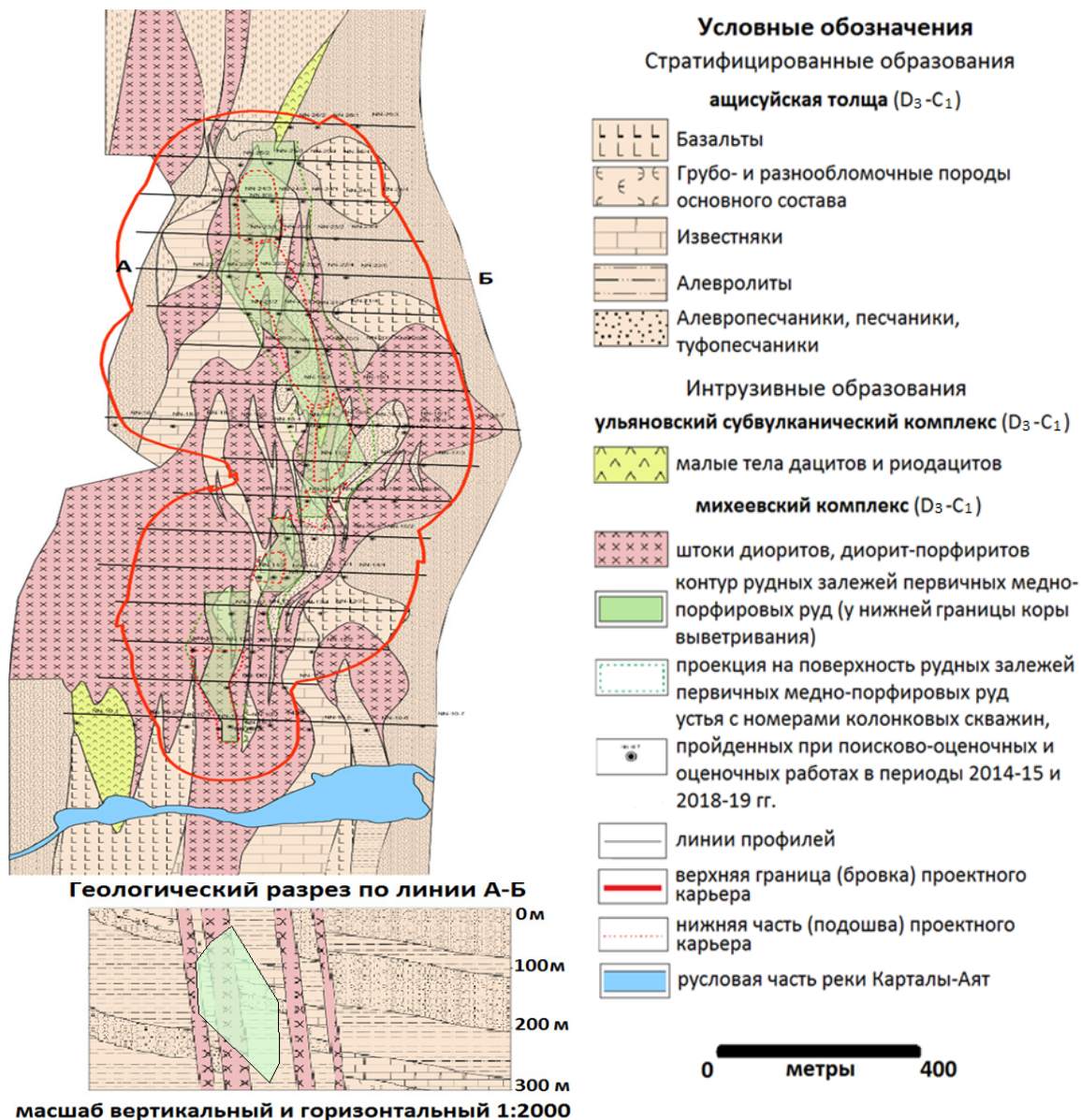


Рис. 1.

Схематическая геологическая карта Новониколаевского участка Михеевского месторождения со снятым чехлом рыхлых отложений (по данным АО РМК «Михеевский ГОК»)

рой, в своём составе содержит (в %): гранат (39), карбонат (38), кварц (16), хлорит (6), рудный минерал (1), эпидот – единичные зёрна. Кварц и карбонат замещают более ранние зёрна граната (рис. 9, 10). В гранате и хромите по гранату (рис. 11, табл. 2) отмечается примесь марганца.

### Методика и результаты петрофизических и геохимических исследований

Петрофизические исследования 11 образцов керна пород и руд этого участка включали измерение плотности твердой фазы ( $d$ , г/см<sup>3</sup>), эффективной пористости (Пэф, %), модуля Юнга (ГПа), магнитной восприимчивости (маг, 10<sup>-5</sup> ед. СИ) и бета-излучения (beta, импульс/см<sup>3</sup>\*сек). Исследование вещественного состава этих об-

разцов включало определение содержаний в них Cu, Pb, Zn, As, Mo, Fe, K, Ca, Mn и микроскопическое изучение их минерального состава. Статистическая обработка полученной информации проводилась с помощью корреляционного и кластерного анализа.

Плотность твердой фазы и эффективная пористость определялись методом гидростатического взвешивания образцов с расчетом этих свойств по следующим формулам [Бурмистров и др., 2009]:

$$d = 0,998 * P / (Ps - Psw)$$

$$Пэф = 100 * (Psw - P) / (Ps - Psw)$$

где  $P$  – вес сухого образца,  $Ps$  – вес насыщенного водой образца,  $Psw$  – вес насыщенного водой образца в воде.

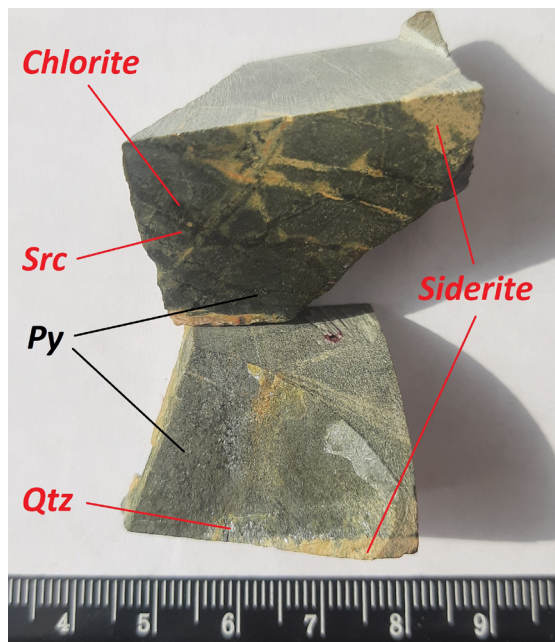


Рис. 2.  
Обр. 2. Фото образца с подписями.  
Текстовые подписи: Chlorite, Qtz, Siderite, Py, Src

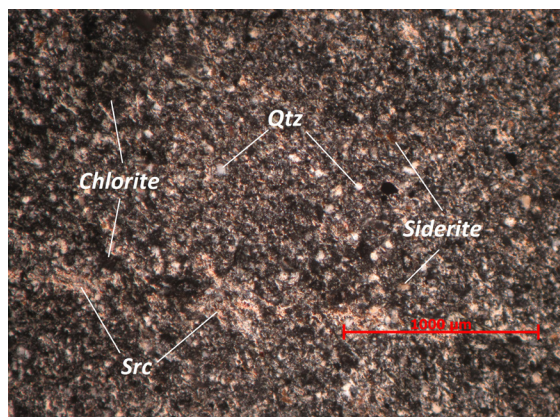


Рис. 3.  
Обр. 2. Фото шлифа (николи X).  
Текстовые подписи: Src, Chlorite, Qtz, Siderite

Взвешивание производилось с точностью 0,01г, что при объемах образцов 50-150 см<sup>3</sup> обеспечивало достижение точности определения плотности около 0,01г/см<sup>3</sup>, а эффективной пористости – около 0,1%.

Модуль Юнга вычислялся по следующим формулам, известным из теории упругости:

$$E=2*(Vs)^2*d*(1-Пэф/100)*(1+μ)$$

где  $μ=(1-2λ2)/[2(1-λ2)]$   
 $λ=Vs/Vp$

Скорости продольной Vp (км/сек) и поперечной Vs (км/сек) ультразвуковых волн измерялись тестером УК1401 с точностью 0,2 км/сек. Магнитная восприимчивость измерялась каппаметром ИМВ-1М с точностью 10<sup>-6</sup> ед. СИ.



Рис. 4.  
Обр. 5. Фото образца с подписями.  
Текстовые подписи: Carb, Chlorite, Src, Qtz

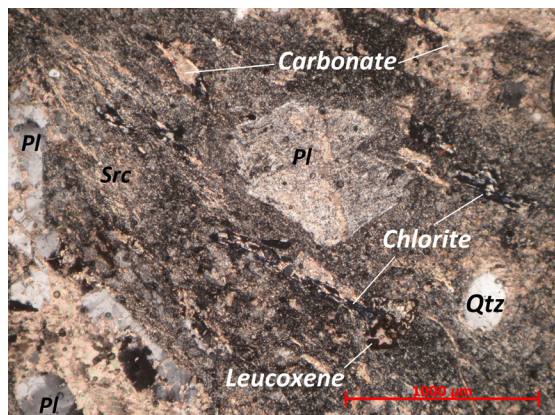


Рис. 5.  
Фото шлифа (николи X).  
Текстовые подписи: Pl, Src, Qtz, Leucoxene, Chlorite, Carbonate

Интенсивность бета-излучения измерялась дозиметром-радиометром ДРБПОЗ.

Объемные содержания в образцах рудной и нерудной фаз (Срф и Снф, соответственно) определялись из системы следующих уравнений:

$$d=C_{рф} * d_{рф} + C_{нф} * d_{нф}$$

$$C_{рф} + C_{нф} = 1$$

где d, дрф, днф – плотности твердой фазы образцов, их рудной фазы (4,7 г/см<sup>3</sup>) и нерудной фазы (2,7 г/см<sup>3</sup>), соответственно.

Плотность рудной и нерудной фаз принята как приближенное среднее из значений плотностей рудных и нерудных минералов, соответственно, исходя из данных изучения прозрачных и полированных шлифов.

Содержание серицита (C<sub>сер</sub>) в нерудной фазе образцов определялось из следующего уравнения:

$$beta=beta_{сер} * C_{сер} / C_{нф}$$

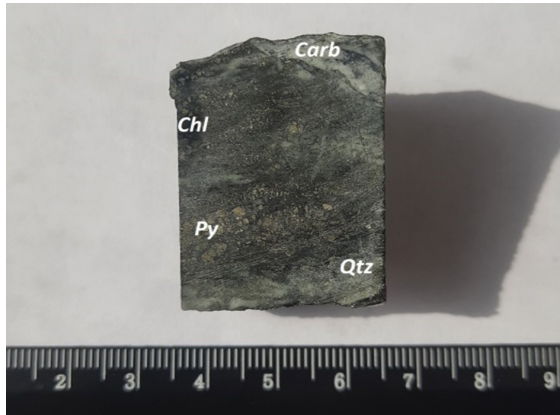


Рис. 6.  
Обр. 4. Фото образца с подписями.  
Текстовые подписи: Chl, Py, Qtz, Carb

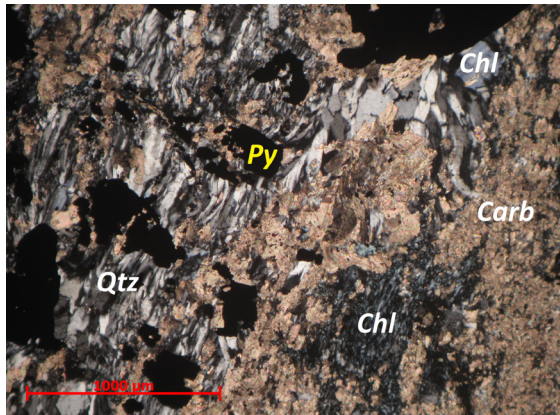


Рис. 7.  
Обр. 4. Фото шлифа (николи X).  
Текстовые подписи: Qtz, Py, Chl, Carb

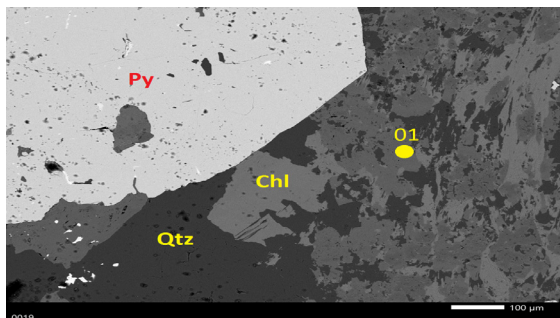


Рис. 8.  
Анкерит с примесью марганца.  
Изображение в обратно-рассеянных электронах.  
Текстовые подписи: Qtz, Py, Chl, O1

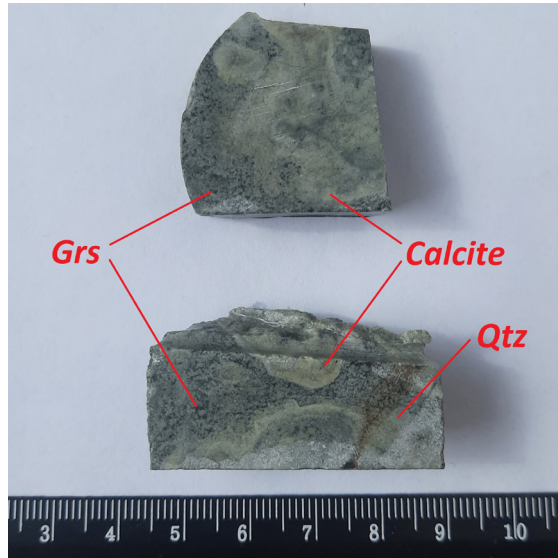


Рис. 9.  
Обр. 3. Фото образца с подписями.  
Текстовые подписи: Grs, Calcite, Qtz

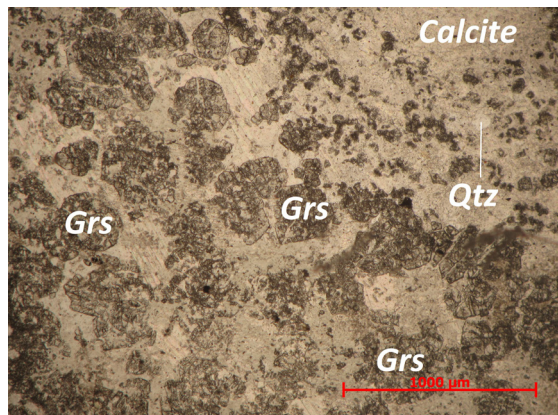


Рис. 10.  
Обр. 3. Фото шлифа (николи II).  
Текстовые подписи: Grs, Calcite, Qtz

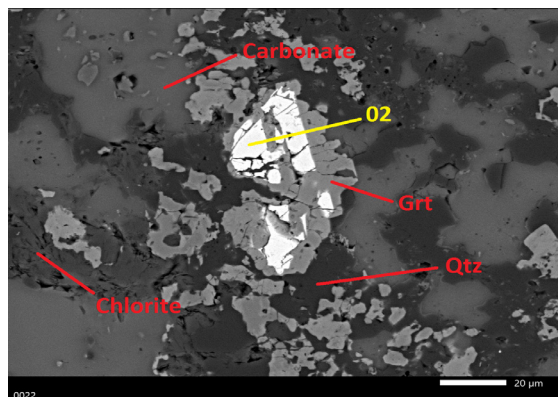


Рис. 11.  
Обр. 3. хромит по гранату с примесью марганца.  
Изображение в обратно-рассеянных электронах  
Текстовые подписи: Chlorite, Carbonate, Qtz, Grt, O2.

Таблица 1.

Химический состав анкерита с примесью марганца из обр. 4 по результатам микронзондового анализа

Обр. 4	MgO	CaO	MnO	FeO	Всего
01	6,31	26,65	0,55	21,38	54,89

Таблица 2.

Химический состав хромита с примесью марганца из обр. 3 по результатам микронзондового анализа

Обр. 3	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	FeO	Всего
02	43,07	8,37	37,93	97,49

Таблица 3.

Геохимические и петрофизические характеристики изученных образцов

№ обр.	d	П <sub>эф</sub>	mag	beta	Pb	Zn	Cu	As	Fe	Mn	Ca	K	E	ГИ	ПИ	Канк
6	4,1	0,8	29	0,03	0,005	0,176	0,563	0,096	23,2	0,09	5,8	0,03	50	1,1	-5,3	1,5
10	3,1	1,5	27	0,06	0,440	0,192	0,039	0,011	7,1	0,01	0,2	0,75	22	0,8	3,6	16,3
9	2,8	1,6	16	0,18	0,002	0,045	0,005	0,004	2,5	0,12	1,7	3,10	17	0,1	0,4	72,0
7	2,9	1,1	26	0,17	0,001	0,004	0,009	0,001	5,0	0,03	1,5	2,32	14	0,1	1,8	52,9
8	2,7	0,4	49	0,07	0,001	0,002	0,005	0,001	4,1	0,02	2,0	1,91	27	0,0	1,6	5,1
1	2,8	1,5	38	0,11	0,001	0,030	0,005	0,001	5,8	0,04	0,2	1,50	24	0,1	3,1	29,0
11	2,7	0,2	22	0,05	0,001	0,036	0,129	0,001	3,9	0,09	1,1	0,85	11	0,2	-0,1	4,2
3	2,9	0,1	20	0,06	0,001	0,010	0,005	0,001	2,8	0,26	16,3	0,03	25	0,0	-7,4	0,6
2	2,6	3,0	31	0,07	0,002	0,012	0,156	0,003	3,1	0,12	3,3	1,53	16	0,2	-1,0	62,1
5	2,7	0,7	24	0,06	0,001	0,010	0,005	0,002	3,9	0,06	2,9	1,67	23	0,1	0,1	7,9
4	3,3	0,1	90	0,04	0,001	0,045	0,034	0,004	17,1	0,29	4,9	0,03	30	0,3	-6,3	0,5

**Примечание:** условные обозначения и единицы измерения петрофизических параметров приведены в тексте; содержания химических компонентов приведены в %. Содержания Mo в образцах не приводятся, т.к. они близки к фоновым.

где beta, beta<sub>se</sub> – измеренные интенсивности бета-излучения образца и серицита (мусковита), соответственно.

Средние содержания химических элементов в образцах были определены XRF-анализатором EDXRF Niton FXL 950 GOLDD + (Ag anode, 50 kV/200 μA/4 W) старшим научным сотрудником Лубковой Т.Н. на кафедре геохимии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

По результатам корреляционного анализа (табл. 4) были выбраны рудные элементы, имеющие значимую прямую корреляционную связь с основным рудным компонентом – медью, на основе чего был рассчитан геохимический индикатор (ГИ) рудоносности образцов:

$$ГИ = Cu + Pb + Zn + As + Fe / 100$$

Петрохимический индикатор (ПИ) степени метасоматических изменений образцов рассчитывался по содержаниям в них калия, кальция и марганца по формуле:

$$ПИ = \ln[K / (10 * Mn * Ca)]$$

По расчетам коэффициентов ранговой корреляции Спирмена (КС) были установлены значимые прямые или обратные связи между некоторыми компонентами химического состава и петрофизическими свойствами образцов (табл. 4). Корреляционная связь между магнитной восприимчивостью и плотностью твердой фазы незначимая (КС=+0,21), что согласно результатам исследований различных рудных объектов, представленных в работе [Пахомов М.И., Пахомов В.И., 1984],

Таблица 4.

Результаты расчета содержаний рудной фазы ( $C_{рф}$ , %) и серицита в образцах ( $Ser$ , %), а также содержаний серицита в самой нерудной фазе ( $Ser_{нф}$ , %), суммарных содержаний  $Cu$ ,  $Pb$ ,  $Zn$ ,  $As$ ,  $Fe$  ( $C_{Me}$  %) по данным анализа методом XRF

№ обр.	$C_{рф}$ , %	$C_{Me}$ %	$Ser_{нф}$	$Ser$
6	73	24	32	9
10	25	8	23	17
9	12	3	59	51
7	13	5	56	49
8	6	4	21	20
1	10	6	35	31
11	3	4	15	14
3	14	3	20	17
2	0	3	20	20
5	5	4	18	17
4	34	17	17	11
correl	0,95	-0,08	-0,47	

Таблица 5.

Значимые коэффициенты ранговой корреляции Спирмена между геохимическими и петрофизическими параметрами образцов пород и руд Новониколаевского участка Михеевского месторождения

	beta	Pb	Zn	Cu	As	Fe	Ca	K	E
d			0,54		0,57	0,61		-0,56	0,60
Пэф	0,57	0,64			(-0,43)			(-0,45)	(-0,41)
mag						0,66			0,50
beta			-0,46	-0,54		-0,48	(-0,42)	0,85	-0,46
Pb			0,56	0,47	0,82				
Zn				0,53	0,77	(-0,41)		-0,57	
Cu					(-0,43)			-0,49	
Fe								-0,50	0,52
Mn							0,67		
Ca								(-0,40)	0,56
K									-0,54

Примечание: пороговые значения коэффициентов корреляции равны  $\pm 0,46$  при уровне доверительной вероятности 0,85; в скобках показаны значения коэффициентов, близкие к пороговым.

обусловлено развитием в породах сульфидной минерализации. При ее отсутствии значения КС приближаются к+1.

Комплексный аномальный петрофизический коэффициент (КАПК), рассчитанный по следующей формуле:

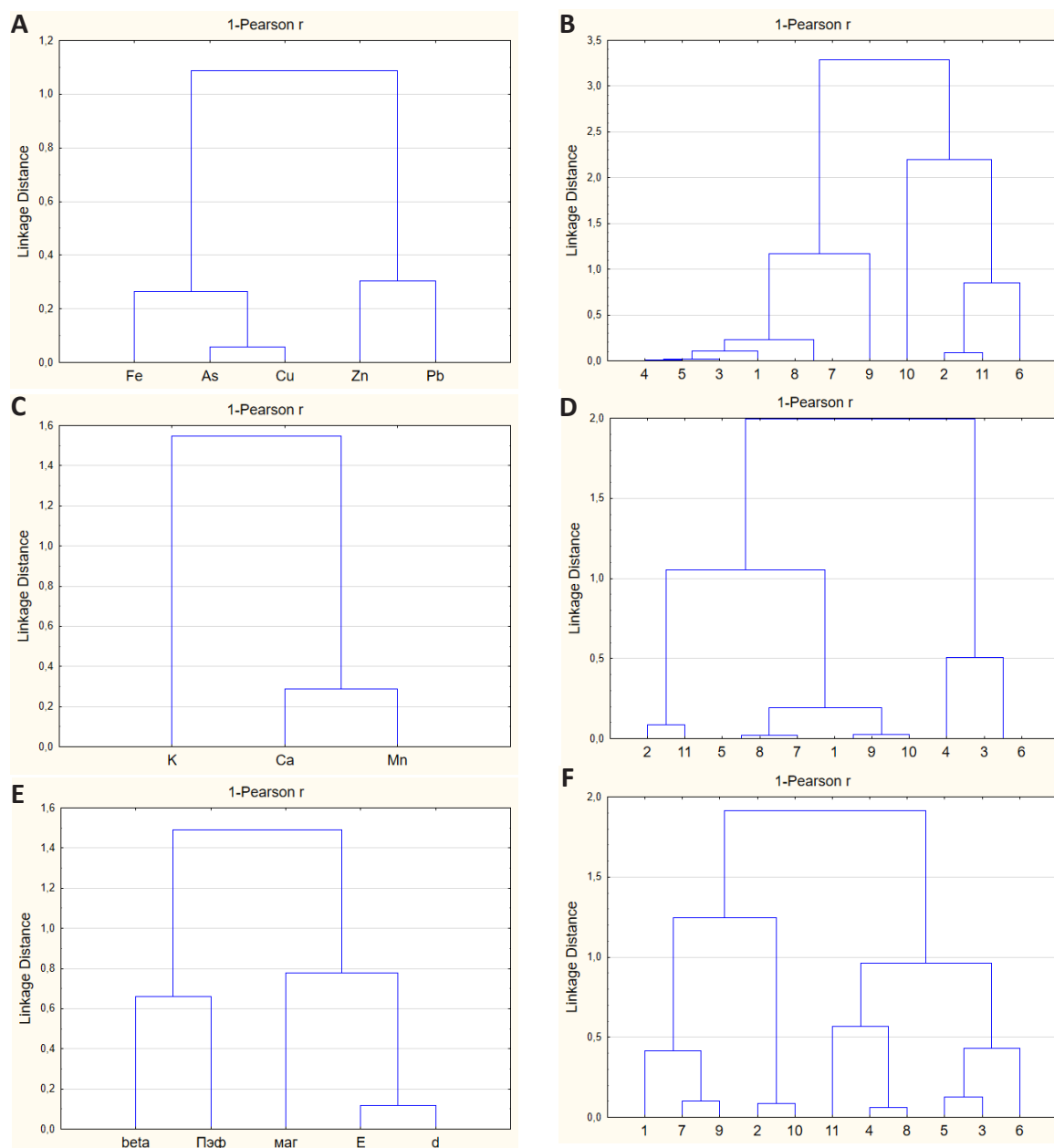
$$КАПК = (25/E_i) * (2,9/d_i) * (Пэф/0,1) * (beta/0,06)$$

где  $E_i$ ,  $d_i$  и  $Пэф$ ,  $beta_i$  – значения модуля Юнга, плотности твердой фазы, эффективной пористости, интенсивности бета-излучения в  $i$ -м образце, соответственно; числовые значения в этой формуле соответствуют величинам этих параметров для относительно слабо измененного образца №3 (табл. 3). Значения петрофизических параметров, выбранных для расчета КАПК, находятся либо в числителе, либо в знаменателе приведенной выше формулы, что определяется

прямой или обратной корреляционной связью между ними. Результаты петрофизических и геохимических исследований приведены в табл. 3.

Для КАПК и ПИ  $КС = +0,59$ , что свидетельствует о наличии значимой корреляционной связи петрофизических параметров ( $Пэф$ ,  $E$  и  $d$  и  $beta$ ) со степенью метасоматических изменений пород (пропилитизацией, карбонатизацией и серицитизацией). Значения КС между ГИ и ПИ, а также между ГИ и КАПК близки к нулю, т.е. уровни содержаний рудных компонентов и тип, и степень метасоматических изменений не связаны между собой.

Значения коэффициентов парной корреляции Пирсона между  $C_{рф}$ , % и  $C_{Me}$ , % (+0,95),  $C_{Me}$ , % и  $Ser_{нф}$  (-0,08), что свидетельствует о высокой прямой связи между содержаниями рудной



**Рис. 12.** Дендрограммы кластерной классификации: компонентов химического состава (рис. 12, A, C), петрофизических параметров (рис. 12, B, D, F) и образцов (рис. 12, E). Расстояния объединения (Linkage Distance): 1 – коэффициент парной корреляции Пирсона (1– Pearson r), их значения показаны на вертикальных осях дендрограмм. На горизонтальных осях дендрограмм (рис. 12, A, C, E) приведены номера образцов. Обозначения петрофизических параметров приведены в тексте.

фазы и содержаниями рудных компонентов в образцах. Между содержаниями рудных компонентов и содержаниями серицита в нерудной фазе связь отсутствует.

Согласно результатам обобщающих исследований В.С. Звездава [Звездов, 2022] для большинства медно-порфировых месторождений характерна приуроченность промышленной рудной минерализации к зонам развития хрупких, высокопористых и низкопрочных хлорит-серицитовых метасоматитов. Поэтому в нашем

случае следовало бы ожидать наличия высокой прямой корреляции между ГИ и ПИ, а также между СМе и Serгнф, чего не наблюдается. Очевидно, что эти различия, с одной стороны, определяются более локальным масштабным уровнем наших исследований, т.к. изучались лишь отдельные образцы, в основном отобранные из рудных зон данного рудного объекта. С другой стороны, ореолы метасоматических изменений во вмещающих породах обычно развиты более широко и равномерно, чем штокверковая



Таблица 6.

Обобщенное выделение подгрупп образцов по результатам кластерного анализа

Группы параметров (номера групп)	Подгруппы образцов с повышенными (в среднем) значениями параметров соответствующих групп	Подгруппы образцов с пониженными (в среднем) значениями параметров соответствующих групп
Fe, Cu, As (Ia)	(2, 11, 6), 10	(4, 5, 3, 1, 8, 7), 9
Pb, Zn (Ib)	(4, 5, 3, 1, 8, 7), 9	(2, 11, 6), 10
K (IIa)	(2, 11), 5, 6, 7, 1, 9, 10	(4, 3, 6)
Ca, Mn(IIb)	(4, 3, 6)	(2, 11), 5, 6, 7, 1, 9, 10
Пэф, beta (IIIa)	(1, 7, 9), 2, 10	(5, 3, 6), 11, 4, 8
E, d, mag (IIIb)	(5, 3, 6), 11, 4, 8	(1, 7, 9), 2, 10

Примечание: Примечание: цифры в таблице соответствуют номерам образцов.

рудная минерализация, которая в основном локализуется в прожилках и гнездах, которые не всегда попадали в отобранные образцы.

Для выделения групп параметров с прямыми или обратными корреляционными связями были использованы непараметрический корреляционный и древовидный кластерный анализ с предварительным нормированием исходных значений параметров, приведенных в **табл. 3**, на их средние величины. Результаты корреляционного анализа представлены в **табл. 5**.

Разделение образцов на группы по нормированным значениям параметров также проводилось с помощью кластерного анализа (**рис. 12, А-Е**). Построение дендрограмм кластерной классификации образцов (**рис. 12В, 12D, 12Е**) проведено по параметрам, приведенным на **рис. 12А, 12С, 12F**, соответственно. Объединение параметров и образцов в группы проведено методом полной связи, за исключением дендрограммы на **рис. 12В**, где использовался метод Ворда.

На всех дендрограммах имеются две основные группы, в каждую из которых входят либо прямо связанные между собой параметры, либо образцы, характеризующиеся достаточно близкими значениями этих параметров (**табл. 6**). Корреляционные связи между самими этими группами обратные. В таблице 6 скобками выделены подгруппы образцов, наиболее сильно отличающихся друг от друга по значениям параметров, указанных в соответствующих группах. Эти подгруппы образцов занимают на дендрограммах крайние левое и правое положения, соответственно (**см. рис.12, В, D, F**).

Анализ свойств и химического состава образцов по выделенным подгруппам показывает, что рудная минерализация развита в породах с повышенными содержаниями серицита (калия) (образцы №№ 2, 11, 5, 6) и карбонатов (кальция и марганца) и скарнов (образцы №№ 4, 3, 6). При этом большая часть из них (образцы №№ 4, 3, 5, 6, 11) имеют относительно повышенные

величины плотности, модуля упругости и магнитной восприимчивости (группа IIIb), а образцы 2 и 10 – эффективной пористости и интенсивности бета-излучения (группа IIIa). Это также характерно для подгруппы образцов (№№1, 7, 9) с относительно повышенными содержаниями полиметаллической минерализации (группа Ib). Все это свидетельствует о развитии рудной минерализации как в карбонатизированных и скарнированных породах, так и в хлорит-серицитовых метасоматитах. Это подтверждается результатами изучения вещественного состава образцов под микроскопом, приведенными выше.

#### Общие выводы и рекомендации

Несмотря на локальный масштаб и ограниченный объем фактического материала проведенных исследований были установлены значимые статистические связи между вещественным составом рудовмещающих пород и руд и их петрофизическими свойствами, отражающих тип и интенсивность метасоматических изменений, и уровни содержаний рудных компонентов.

Сложность интерпретации полученных данных связана не только с ограниченным объемом исходной информации, но и с высокой неравномерностью развития рудной минерализации, совмещением разных типов метасоматических изменений в одних и тех же образцах. Использование дополнительных статистических методов анализа полученной информации (определение комплексного аномального петрофизического коэффициента и уровня корреляционной связи между магнитной восприимчивостью и плотностью твердой фазы пород, расчет содержаний рудной фазы и серицита в них) в комплексе с изучением вещественного состава образцов показало принципиальную возможность проведения подобных исследований в более широком объеме с целью определения значимых статистических связей между вещественными и петрофизическими параметрами вмещающих пород и руд. В дальнейшем петрофизические исследования необходимо проводить по более де-

тальной сети. Это позволит увеличить достоверность выявления и оконтуривания потенциально перспективных участков локализации промышленного оруденения. Прогнозная количественная оценка масштабов и уровня эрозионного среза оруденения может быть осуществлена при меньших затратах, чем обычно.

Построение количественных объемных рудно-петрофизических моделей эталонных (детально изученных) объектов данного типа может быть полезным для прогнозной оценки новых

перспективных объектов, что особенно важно при проведении работ на закрытых территориях и на глубоких горизонтах. Эффективность методики подобных исследований может быть значительно повышена в случае использования ее в комплексе со структурным изучением медно-порфировых объектов. Подобные исследования в ограниченных объемах уже проводилось нами на Михеевском и других месторождениях Южного Урала и других регионов СНГ [Бурмистров, 1990; Бурмистров, Хребтиевский, 2022]. **XXI**

### Благодарности

Авторы выражают благодарность руководству ОАО «Михеевский ГОК» за предоставление возможности изучения керн скважин Новониколаевского участка Михеевского месторождения, старшего научного сотрудника кафедры геохимии геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова к. г.-м. н. Лубковой Т.Н. за проведение аналитических работ, сотрудникам лаборатории локальных методов исследования вещества МГУ им. М.В. Ломоносова за проведение микрорзондового анализа и кафедре петрологии МГУ им. М.В. Ломоносова за возможность микроскопического исследования шлифов.

### Литература

1. Старостин В.И. Структурно-петрофизический анализ эндогенных рудных полей. М.: Недра, 1979. 240 с.
2. Бурмистров А.А. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук по специальности 04.00.11 – геология, поиски и разведка рудных и нерудных месторождений; металлогения. М, 1990. 26 с.
3. Бурмистров А.А., Старостин В.И., Дергачев А.Л., Петров В.А. Структурно-петрофизический анализ месторождений полезных ископаемых: Учебник – 2-е изд. испр. и доп. М., МАКС Пресс, 2009. 408с.
4. Бурмистров А.А., Хайратдинов 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.
5. Бурмистров А.А., Хребтиевский В.В. О некоторых структурных и петрофизических особенностях меднопорфирового оруденения месторождения Михеевское (Ю. Урал) // Тезисы международной конференции Ломоносовские чтения 2022. Секция "Геология", МГУ имени М.В. Ломоносова, Россия, 14-22 апреля 2022.
6. Грабежев А.И., Копырин И.С., Гуляева Т.Я. Прожилковые системы медно-порфирового Новониколаевского рудного узла. ЕЖЕГОДНИК-2013, Тр. ИГГ УрО РАН, вып. 161, 2014, с. 297–300.
7. Звездов С.В. Модели меднопорфировых рудно-магматических систем и месторождений для их поисков, прогноза и оценки. Автореферат диссертации на соискание степени доктора геолого-минералогических наук по специальности 1.6.10 – геология, поиски и разведка месторождений твердых полезных ископаемых, минерагения.
8. Петрофизика: Справочник. В трех книгах. Кн.1. Горные породы и полезные ископаемые /Под ред. Н.Б. Дортман.- М.: Недра, 1992. 391с.

UDC: 553.08, BBC: 26.341.3

**A.A. Burmistrov**, assistant professor Lomonosov Moscow State University, alek.burmistroff2017@yandex.ru

**V.V. Khrebtievsky**, postgraduate student Lomonosov Moscow State University, sst064292@gmail.com

**E.A. Erastov**, AO MIKHEEVSKIY GOK - 457218, Chelyabinskaya Oblast', r-n Varnenskiy, p Krasnoarmeyskiy, promzona Vladenie 1, d. STR. 1, Evgenij\_Erastov@mgok.rcc-group.ru

## PRELIMINARY RESEARCH OF THE PETROPHYSICAL PROPERTIES AND THE TYPES AND INTENSITY OF METASOMATIC ALTERATION OF ROCKS AND ORES OF THE NOVONIKOLAEVSKOE FIELD SITE OF THE MIKHEEVSKOE PORPHYRY COPPER DEPOSIT (SOUTHERN URALS)

**Abstract:** The chemical and mineral composition, as well as petrophysical parameters of 11 samples of the Novonikolaevskoe field site bed rocks, changed by pre-ore and syn-ore metasomatic processes, were studied. On the basis of the statistical analysis of this information was shown a principal possibility of an express evaluation of these alterations for this field site, using petrophysical data.

**Keywords:** structural-petrophysical analysis, metasomatic alterations, copper-porphyrity ore mineralization, petrological research of samples, Novonikolaevskoe field site, Mikheevskoe deposit, Southern Urals.