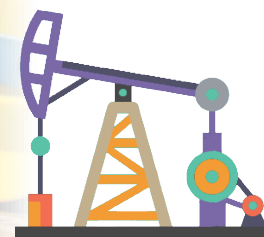


Геотехнологии. Безопасность жизнедеятельности



DOI 10.52209/1609-1825_2022_1_53

УДК 622.014.2:550.835.41

Online-мониторинг химического состава руд на стадии геологоразведочных работ в ТОО "Корпорация Казахмыс"

¹АБДРАХМАНОВА Зауре Толегеновна, к.т.н., директор департамента развития качества, Zaure.ab@mail.ru,

²КАН Андрей Николаевич, начальник управления развития систем QA/QC, kandrat77@mail.ru,

³ЮН Роман Владимирович, начальник геофизического отдела, roman.yun@kazakhmys.kz,

^{3*}ЕФИМЕНКО Сергей Анатольевич, к.т.н., главный специалист (по геофизике), serg_yef@mail.ru,

¹ТОО «Корпорация Казахмыс», Казахстан, 100012, Караганда, ул. Чижевского, 15/2,

²ТОО «Корпорация Казахмыс», Казахстан, 050000, Алматы, ул. Панфилова, 98,

³ТОО «Корпорация Казахмыс», Казахстан, 100600, Жезказган, пл. Металлургов, 1,

*автор-корреспондент.

Аннотация. Показаны результаты применения рентгенофлуоресцентных энергодисперсионных (EDXRF) спектрометров для организации эффективного online-мониторинга химического состава руд, добываемых и подготавливаемых к добыче на рудниках ТОО «Корпорация Казахмыс». Online-мониторинг ведется по стенкам добычных забоев из отбитой горной массы. В результате комплексного анализа и введения спектрометра в геофизическую практику обслуживания горно-добычных работ представилась возможность online-контроля добычи серебра. Полученные результаты позволяют с наибольшей информативностью проводить геологоразведочные работы. С каждым годом география практического применения спектрометров, из-за их более качественных, точных и эффективных показателей, расширяется.

Ключевые слова: рентгенофлуоресцентный, энергодисперсионный анализ, добычные забои, месторождения, запасы меди, горная выработка.

Введение

ТОО «Корпорация Казахмыс» (Kazakhmys LLC) – флагман цветной металлургии Казахстана. Это вертикально-интегрированный холдинг, ключевые активы которого сосредоточены в горнодобывающей отрасли и цветной металлургии.

ТОО «Корпорация Казахмыс» – это крупная горнорудная и металлургическая компания, обе-

ТОО «Корпорация Казахмыс» – это крупная горнорудная и металлургическая компания, обе-

спечаивающая горные (ПО «Жезказганцветмет», ПО «Карагандацветмет», ПО «Балхашцветмет», рудники:

Южно-Жезказганский (ЮЖР), Восточно-Жезказганский (ВЖР), Северо-Жезказганский (СЖР), Жомарт, Западный, Жиландинский, Нурказган, Абыз, Кусмурын-Акбастау, Саяк, Шатыркуль и Конырат), обогатительный (Жезказганские ОФ № 1, № 2, № 3, Балхашская ОФ, Карагайлинская ОФ, Нурказганская ОФ) и металлургический (Жезказганский и Балхашский медеплавильные заводы ТОО «Kazakhmys Smelting (Казахмыс Смэлтинг)» передела сырья, добываемого на очень сложных медьсодержащих полиметаллических месторождениях.

«Казахмыс» занимает 20 место в мире по выпуску меди в концентрате (271 тысяча тонн) и 12 место по производству черновой и катодной меди (377 и 365 тысяч тонн, соответственно, с учетом давальческого сырья).

В 2020 году именно вклад Группы «Казахмыс» позволил Республике Казахстан расположиться на 11-м месте мирового рейтинга стран-производителей серебра (279 тонн, 51% от общего производства в стране).

Предприятия «Казахмыс» – рудники, обогатительные фабрики, медеплавильные заводы – расположены на трёх производственных площадках (Балхашской, Жезказганской, Карагандинской), где трудятся порядка 37 тыс. человек.

Задачи исследований

Самые богатые участки запасов медных руд разрабатываемых месторождений преимущественно отработаны, добычные работы ведутся на флангах рудных залежей, содержание меди в руде снижается из года в год. В такой ситуации становится крайне востребованным жесткий и эффективный online-мониторинг содержаний меди в товарной руде и руде, подготавливаемой к отработке.

Экономические потери от снижения содержаний меди в руде частично компенсируются попутной добычей серебра. Следовательно, также крайне востребован эффективный online-мониторинг содержаний серебра в товарной руде и руде, подготавливаемой к отработке.

Эффективное использование современных аппаратурных средств online-мониторинга содержаний меди и серебра в добываемых рудах, а также новейшее методическое и программное обеспечение к этим средствам определяется точностью, достоверностью и экспрессностью.

Характеристика объекта исследований

В настоящее время online-мониторинг состава руд в «Корпорации» ведется по трем основным направлениям:

- рентгенофлуоресцентное опробование (РФО) руд по стенкам забоев и руд в отбитой горной массе;

- рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) истертых геологических и технологических проб с помощью EDXRF лабораторных спектрометров РПП-21Т;

- РФО руд на лентах технологических конвейеров обогатительных фабрик и подземных рудников.

Поставщиком EDXRF спектрометров для ТОО «Корпорация Казахмыс» является ТОО «Аспап Гео» (г. Алматы). Корпорация ориентируется на преимущественное использование аппаратуры казахстанского производства, имеющей высокую надежность, высокий уровень точности и достоверности определяемых содержаний элементов, высокую оперативность сервисных и ремонтных услуг.

Рассмотрим направление «РФО руд по стенкам забоев» с помощью носимых спектрометров РПП-12, РПП-12П и РПП-12Т.

Рудные залежи стратиформного месторождения медистых песчаников Жезказган характеризуются горизонтальным и пологим залеганием. Геологическое опробование таких залежей ведется вкрест простирания, то есть вертикальными сечениями высотой до 7-8 м. Именно высота забоев является самым сложным вопросом, решить который не в состоянии большинство зарубежных производителей носимых спектрометров.

Процесс РФО забоя с использованием спектрометра РПП-12 показан на рисунке 1.

В ТОО «Корпорация Казахмыс» средством доставки датчика прибора к кровле забоя являются полутораметровые дюралюминиевые штанги.

На современном этапе эксплуатации месторождений используются спектрометры РПП-12 и РПП-12Т [1].

В качестве альтернативы рассматривались носимые EDXRF спектрометры Спектроскан-GEO (SPECTRON, Ltd, St.Petersburg, Russia) и Elvax GEO (Elvatech, Ltd, Kyiv, Ukraine). Но они не подошли по весовым параметрам, отсутствию возможности поднимать датчик на высоту 7 м и значительной удаленности фирм от рудников Kazakhmys Corporation LLC. По этим же причинам не рассматривалось использование EDXRF спектрометров известных мировых брендов.

Возможности носимого спектрометра РПП-12 исчерпаны. Он снят с производства и заменяется на современные РПП-12П и РПП-12Т. При разработке этих спектрометров повышенное внимание было уделено вопросам повышения безопасности труда операторов.

Спектрометр РПП-12П – это переходная модель, сочетающая в себе современную электронику и полупроводниковый (SDD) детектор, с радионуклидным ампулированным источником плутоний-238 (Pu-238). РПП-12П полностью заменяет РПП-12, в том числе и по возможности проведения РФО высоких забоев (рисунок 2).

Спектрометр РПП-12Т – это на сегодня конечный представитель модельного ряда носимых



Рисунок 1 – Процесс РФО забоя с аппаратурой РПП-12



А. С доп. аккумулятором



Б. Зондовая часть РПП-12П

Рисунок 2 – Рентгенофлуоресцентный спектрометр РПП-12П

спектрометров нового поколения, выпускаемых ТОО «Аспап Гео».

В спектрометре используются: полупроводниковый (SDD) детектор, современная электроника, малогабаритный излучатель (рентгеновская трубка) и мощный пакет программного обеспечения. Со спектрометром можно проводить исследования стенок горных выработок высотой 5 м (проходческий штрек сечением 22 м²). В спектрометре РПП-12Т аккумуляторный блок вмонтирован в первую штангу. При работе на карьере в зимнее время обеспечивается подогрев аккумуляторных батарей.

Внешний вид спектрометра РПП-12Т показан на рисунке 3.

Отличительной особенностью носимых совре-

менных спектрометров является использование серийных защищенных смартфонов вместо портативных устройств регистрации и обработки информации (УРО).

В спектрометрах РПП-12П и РПП-12Т используется гарнитура беспроводной ближней связи bluetooth для передачи данных с датчика на УРО. В результате:

- оператор на УРО может находиться не вблизи забоя, а под защитой, например, опорного целика;

- оба оператора не связаны кабелем и свободны в передвижениях в любом направлении.

Спектрометр РПП-12Т достоверно определяет низкие содержания серебра на эталонных штупах на уровне 2,0 ppm в эталонных штупах

(таблица 1).

Во-вторых, исследования были проведены на крупно дробленных пробах руд. РПП-12Т обеспечивает хорошую сходимость данных РФО и химического анализа по меди, серебру и кадмию [3].

Керн разведочной скважины (месторождение Жезказган, Жезказганская ГРЭ) исследовал: РФО

интервалов керна при непрерывном режиме (датчик перемещается вдоль интервала керна равномерно со скоростью 20 сек/м, рисунок 4В); б) РФО метровых интервалов керна с шагом наблюдений 10 см (10 точек/м) и 20 см (5 точек/м) с экспозицией измерений 10 с и 5 с для каждого шага наблюдений; в) контрольное РФО метровых интер-



А. Датчик + смартфон



Б. Зондовое устройство

Рисунок 3 – Спектрометр РПП-12Т (исполнение – «шахтное»)

Таблица 1 – Отчет о результатах РФО эталонного штуфа № 51 [2]

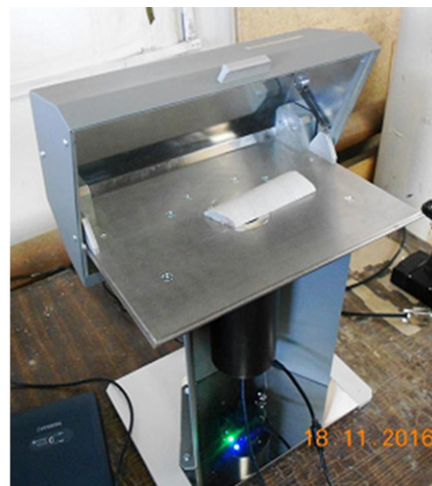
n	содержания по точкам						содержания средние по 5 точкам					
	Cu, %	Ag, ppm	Zn, %	Pb, %	Cd, ppm	Fe, %	Cu, %	Ag, ppm	Zn, %	Pb, %	Cd, ppm	Fe, %
1	0,13	2,3	0,51	0	38,7	1,50	0,141	2,0	0,493	0	37,6	1,52
2	0,14	2,3	0,49	0	38,1	1,52						
3	0,15	1,0	0,49	0	38,2	1,59						
4	0,14	2,4	0,48	0	38,2	1,52						
5	0,14	2,1	0,50	0	35,0	1,47						
Средние содержания по вертикали							0,14	2,0	0,49	0	37,6	1,52



А. Вагонная проба



Б. Керн РПП-12Т



С. Керн Спектроскан Гео

Рисунок 4 – Спектрометры РПП-12Т (исполнение: керновое (А) и шахтное (В)) и Спектроскан Гео (С)

валов керна для режимов измерений, указанных в пунктах «а» и «б». Контрольное РФО (пункт «б» программы) проводилось с небольшой сдвижкой. Режим РФО – «Керн». Результаты исследований приведены в таблице 2 [3].

Анализ данных, приведенных в таблице 2, свидетельствует о сходимости результатов средних содержаний серебра по метровым интервалам керна по РФО и химическому анализу, что соответствует требованиям геологических служб рудников «Корпорация», спектрометр РПП-12Т позволяет проводить online-мониторинг содержаний серебра, начиная с концентрации 1+ ppm.

При РФО керна параллельно использовался

альтернативный вариант аппаратуры РПП-12Т – носимый EDXRF спектрометр «Спектроскан Geo» ООО «НПО «Спектрон» (С-Пб, Россия). Следует подчеркнуть, что условия РФО были разными: РПП-12Т выполнял РФО керна в непрерывном режиме (рисунок 4В); «Спектроскан Geo» выполнял РФО керна с использованием штатива (рисунок 4С). Попутно отметим, что «Спектроскан Geo» тяжелее (2,4 кг), комплектуется всего двумя метровыми тонкими штангами, имеет менее производительный карманный персональный компьютер (624 против 2500 МГц) (таблица 3).

В-пятых, РФО высоких забоев: было доказано, что со спектрометром РПП-12Т можно проводить

Таблица 2 – Результаты опробования керна на серебро, ppm [3, 4, 5]

№№ инт.	Х/А	Режимы опробования керна									
		Непрерывный		10 точек/м				5 точек/м			
				10с		5с		10с		5с	
		Осн.	Кон.	Осн.	Кон.	Осн.	Кон.	Осн.	Кон.	Осн.	Кон.
41	3,7	4,2	4,2	3,2	3,7	2,6	3,5	3,0	3,3	3,3	1,9
42	4,7	5,4	4,3	3,5	4,2	4,2	3,6	2,9	3,0	3,3	5,1
40	5,2	5,5	4,9	5,6	4,5	3,8	5,1	3,7	7,5	2,3	5,2
61	8,5	9,2	8,2	7,8	7,0	6,6	7,0	5,6	10,1	7,0	5,7
47	15,4	16,2	15,5	13,9	16,4	12,6	13,5	10,6	17,1	14,0	11,2
55	16,1	17,4	15,8	16,5	17,1	18,0	15,9	20,7	12,3	15,4	20,6
56	20,2	17,7	23,4	15,7	19,0	23,0	21,4	20,1	11,3	28,3	17,7
48	37,0	45,3	43,1	40,4	45,0	41,6	38,9	39,2	43,9	38,4	42,4
50	46,1	44,1	44,5	44,6	45,4	41,3	43,5	43,6	45,6	40,2	42,4
52	17,2	17,1	17,9	16,6	16,0	17,3	18,1	18,3	17,4	16,2	17,9
Ср.	17,41	18,2	18,2	16,8	17,3	17,1	17,1	16,8	17,2	16,9	17,0
σ		4,6	4,4	3,6	2,4	1,9	2,1	3,6	1,4	3,2	2,3

Таблица 3 – Опробование керна скважины EDXRF спектрометрами РПП-12Т и Спектроскан Geo

№№ п/п	Интервал, см		Содержание элемента								
	от	до	Cu, %			Zn, %			Ag, г/т		
			х/а	РПП	GEO	х/а	РПП	GEO	х/а	РПП	GEO
1	131,3	132,4	0,93	0,848	0,830	0,003	0,0033	<0,01	50,7	44,7	46,7
2	135,4	136,4	0,50	0,443	0,450	0,004	0,0033	<0,01	20,8	17,4	21,3
3	136,4	137,5	0,46	0,432	0,470	0,004	0,0036	<0,01	21,3	18,0	23,2
4	137,5	138,5	0,43	0,419	0,430	0,004	0,0038	<0,01	16,8	14,7	19,4
5	138,5	139,5	0,34	0,316	0,340	0,005	0,0038	<0,01	17,8	19,5	17,3
6	139,5	140,5	0,22	0,231	0,270	0,005	0,0041	<0,01	6,1	6,1	8,0
7	140,5	141,5	0,42	0,418	0,560	0,005	0,0042	<0,01	22,6	24,8	27,2
8	141,5	142,5	0,37	0,579	0,400	0,005	0,0064	<0,01	20,7	23,7	21,2
9	142,5	143,5	0,44	0,449	0,450	0,004	0,0037	<0,01	24,6	24,1	25,5
10	143,5	144,5	0,20	0,204	0,230	0,004	0,0034	<0,01	6,8	5,9	7,3
Среднее			0,431	0,434	0,443	0,004	0,0040	<0,01	20,82	19,89	21,70

РФО забоев на высоту до 7 м. На рисунке 5 показаны примеры проведения РФО на высоту 3 и 6 м.

Анализ данных таблицы 3 подтверждает, что спектрометр РПП-12Т успешно конкурирует со спектрометром «Спектроскан Гео», хотя производит РФО керн в гораздо более худших условиях. В таблице 4 приведены результаты РФА порошковых проб руд, из которой видна хорошая сходимость по данным РФА и химического анализа.

Результаты анализа ГСО (государственных стандартных образцов) приведены в таблице 5 совместно с результатами химических анализов на содержания серы, оксида кремния и молибдена). Доказана устойчивая работа спектрометра РПП-12Т и в режиме «РФА порошковых проб»: сходимость РФА на серебро и другие элементы с аттестованными содержаниями этих элементов хорошая.

Использование спектрометра РПП-12Т для геофизического обслуживания горно-добычных работ дало возможность организации эффективного online-контроля за добычей серебра, начиная с содержания 1,0 г/т. Спектрометры успешно используются и в ЗАО «Серебро Магадана»

Polymetal International plc.

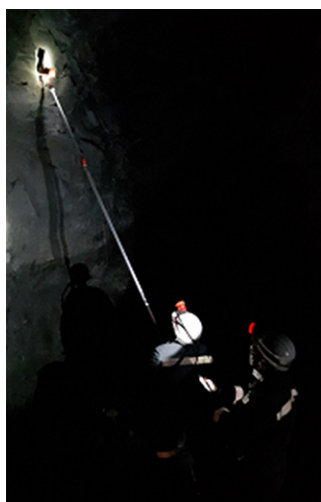
Выводы:

1. Успешно решена чрезвычайно сложная в теоретическом, методическом, аппаратном планах производственная задача online-мониторинга содержаний серебра по стенкам горных выработок с целью управления плановой добычи серебра на рудниках ТОО «Корпорация Казахмыс».

2. Из всего списка утвержденных протоколами Государственных комиссий по запасам (ГКЗ) полезных ископаемых РК основных и сопутствующих полезных компонентов (в список входят 15 элементов: Cu, Pb, Zn, Ag, Au, Re, S, Se, Te, Mo, Cd, As, Co, In, Hg), спектрометр РПП-12Т обеспечивает высокоточное определение одиннадцати элементов [6]. Это обеспечит максимальной информативностью геологоразведочные работы на всех горных подразделениях «Корпорации» и существенно сократит затраты на химический анализ.

3. На основе результатов исследований ТОО «Корпорация Казахмыс» используют в производстве десять спектрометров РПП-12Т.

4. Перспективы дальнейших работ по опробованию руд связываются с Au, S, Re и Ag.



h = 3 м



h = 6 м

Рисунок 5 – РФО забоев с РПП-12Т

Таблица 4 – Результаты РФА в порошковых пробах [6]

Эл.	Метод	Номер пробы									Средн.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Cu	X/A	0,68	0,88	1,43	0,84	3,65	1,33	7,68	7,13	3,95	3,063
%	РФА	0,62	0,91	1,34	0,82	3,61	1,27	8,03	7,17	4,02	3,088
σ, %		8,8	3,4	6,3	2,4	1,1	4,5	4,6	0,6	1,8	0,80
Ag	X/A	2,4	6,1	10,2	15,1	22,0	32,35	46,7	94,6	174,4	44,88
ppm	РФА	2,9	5,5	8,5	13,1	21,4	32,8	45,6	98,3	176,6	44,97
σ, %		20,8	9,8	16,7	13,2	2,7	1,4	2,4	3,9	1,3	0,20

Таблица 5 – Результаты РФА ГСО [4]

ГСО	Вид анализа	Содержание элементов, % (* – ppm)				
		Cu	Pb	Zn	Ag*	Cd*
2887	РПП-12Т	0,537	0,0356	0,0121	8,6	6,9
	х/а	0,55	0,037	0,011	9,3	не атт.
2888	РПП-12Т	1,533	0,1019	0,0243	24,6	7,1
	х/а	1,55	0,103	0,023	25,9	не атт.
2889	РПП-12Т	3,149	1,8866	0,786	34,9	70,2
	х/а	3,16	1,90	0,80	35,0	71,0
2891	РПП-12Т	40,312	2,243	2,869	701,5	286,5
	х/а	40,40	2,25	2,89	707,7	290,0
3029	РПП-12Т	0,30	1,54 (S)	68,36 (SiO ₂)	1,9	89 (Mo*) (J)Mo)
	х/а	0,30	1,59	68,09	2,1	86

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A. Nigmatullin, A.N. Kan, S.A. Yefimenko, V. Onyshchuk, O. Shabatara. Geophysical online monitoring of copper ores for silver's detection at Kazakhmys Corporation LLC // XIIIth International conference «Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects». Geoinformatics 2019. 13-16 May 2019, Kyiv, Ukraine (DOI: 10.3997/2214-4609.201902095).
2. Abdrakhmanova, Z., Kan A., Yun, R., Yefimenko, S., Makarov, D. Online X-ray fluorescence screening of ore for silver at the mines operated by Kazakhmys Corporation LLC // Sustainable Extraction and Processing of Raw Materials Journal. 2021. V.2. P. 6-11. ISSN 2738-7100 (print), ISSN 2738-7151(online).
3. Абдрахманова З.Т., Кан А.Н., Юн Р.В., Ефименко С.А., Макаров Д.В. Рентгенофлуоресцентный мониторинг геологических проб на балансовые компоненты // Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 15 Международной научной школы молодых ученых и специалистов. 25-28 октября 2021г. – М.: ИПКОН РАН. 2021. С. 24-29. ISBN 978-601-5-6041085-6-7. https://xn--80apgmdbfl.xn--p1ai/?page_id=8378.
4. Абдрахманова З.Т., Кан А.Н., Юн Р.В., Ефименко С.А., Макаров Д.В. Решение задачи максимального охвата балансовых компонентов при проведении рентгенорадиометрического энергодисперсионного анализа геологоразведочных проб в ТОО «Корпорация Казахмыс» // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле земли, интерпретация геофизических полей. Одиннадцатые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича. Материалы конференции. Екатеринбург: ИГФ УрО РАН. 2021. – С. 4-8. http://igfuroran.ru/images/conference/Bulashevich/2021/2021_Bulashevich_materialy.pdf
5. Kan A.N., Yun R.V., Yefimenko S.A., Erushkin A.V. and Onyshchuk V.I. Geophysical online monitoring of ores delivered to processing plants of Kazakhmys Corporation LLC, targeting silver // XIV International Scientific Conference «Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment», 10-13 November 2020, Kyiv, Ukraine. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202056021>.
6. Нигматулин А.М., Абдрахманова З.Т., Кан А.Н., Юн Р.В., Ефименко С.А., Исатаева Ф.М. Оперативное управление качеством добычи серебра и меди на рудниках ТОО «Корпорация Казахмыс» // Матеріали УІІ Міжнародного геологічного форуму «Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології та екології: наука й виробництво (02-03 листопада 2020р., м. Одеса, Україна) – Київ: Наукове видавництво «ПРО», 2020. – С. 122-129. ISBN 978-617-95071-0-6. <http://geonews.com.ua/geoforum>.
7. Blyalova G.G., Kan A.N., Yun R.V., Yefimenko S.A. A silver and copper contents monitoring in geological samples of ores at mines and quarries of «Kazakhmys Corporation» LLC // Наука, освіта, суспільство очима молодих: Матеріали ХІІІ Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих науковців. – Рівне: РДГУ. – 2020, – С. 278-279. <https://www.rshu.edu.ua/images/nauka/CollNOSOM2020.pdf>.
8. Сериков А.Е., Шаханов А.М., Кан А.Н., Юн Р.В., Ефименко С.А. Мониторинг содержания серебра по стенкам горных выработок и в отбитой горной массе в шахтах и карьерах ТОО «Корпорация Казахмыс» // Материалы XXVI молодежной научной школы «Металлогения древних и современных океанов-2020. Критические рудообразующих системах». Миасс: ФНЦ МиГ УрО РАН, 2020. С. 105-108.
9. Нигматулин А.М., Абдрахманова З.Т., Кан А.Н., Юн Р.В., Исатаева Ф.М., Ефименко С.А. Повышение информативности геологического обслуживания геологоразведочных и добычных работ в ТОО «Корпорация Казахмыс» // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского: сб. науч. ст. / отв. ред. И.И. Чайковский; Перм. гос. нац. исслед. Ун-т. – Пермь, 2020. – Вып. 23. С. 260-267. ISBN 978-5-7944-3423-1 (Вып. 23). ISBN 978-5-7944-1582-7. <https://drive.google.com/open?id=1q4l-xtDIWo4z-a688Mrt37WEJ4717iF>.
10. Нигматулин А.М., Кан А.Н., Абдрахманова З.Т., Ефименко С.А. Использование рентгенофлуоресцентного метода online контроля содержания меди и серебра в рудах на шахтах ТОО «Корпорация Казахмыс» // Проблемы геологии и расширения минерально-сырьевой базы стран Евразии: Материалы международной научной конференции – Алматы: ТОО ИГН. 2019. С. 263-275. ISBN 978-601-332-461-6.

«Қазақмыс корпорациясы» ЖШС барлау жұмыстары кезеңіндегі руданың химиялық құрамының онлайн-мониторингі

¹**АБДРАХМАНОВА Зауре Толегеновна**, т.ғ.к., сапаны дамыту департаментінің директоры, Zaure.ab@mail.ru,

²**КАН Андрей Николаевич**, QA/QC жүйелерін әзірлеу бөлімінің бастығы, kandrat77@mail.ru,

³**ЮН Роман Владимирович**, геофизика бөлімінің бастығы, roman.yun@kazakhmys.kz,

^{3*}**ЕФИМЕНКО Сергей Анатольевич**, т.ғ.к., бас маманы (геофизика бойынша), serg_yef@mail.ru,

¹«Қазақмыс корпорациясы» ЖШС, Қазақстан, 100012, Қарағанды, Чижевский көшесі, 15/2,

²«Қазақмыс корпорациясы» ЖШС, Қазақстан, 050000, Алматы, Панфилов көшесі, 98,

³«Қазақмыс корпорациясы» ЖШС, Қазақстан, 100600, Жезқазған, Металлургтер алаңы, 1,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. «Қазақмыс Корпорациясы» ЖШС кеніштерінде өндірілген және өндіруге дайындалған кендердің химиялық құрамын тиімді онлайн бақылауды ұйымдастыру үшін рентгендік флуоресценциялық энергетикалық дисперсиялық (EDXRF) спектрометрлерді қолдану нәтижелері көрсетілген. Онлайн-бақылау тау-кен қабаттарының қабырғалары бойымен қиыршық тас массасынан жүргізіледі. Кешенді талдау және тау-кен жұмыстарына қызмет көрсетудің геофизикалық тәжірибесіне спектрометрді енгізу нәтижесінде күміс өндіруді онлайн-бақылауға мүмкіндік туды. Алынған нәтижелер ең үлкен ақпаратпен геологиялық барлау жұмыстарын жүргізуге мүмкіндік береді. Жыл сайын жоғары сапалы, дәл және тиімді көрсеткіштеріне байланысты спектрометрлердің практикалық қолдану географиясы кеңейіп келеді.

Кілт сөздер: рентгендік флуоресценция, энергия дисперсиясы, талдау, тау-кен беттері, кен орындары, мыс қоры.

Online Monitoring Of Ore Chemical Composition at the Stage of Exploration Works in Kazakhmys Corporation LLP

¹**ABDRAKHMANOVA Zaure**, Cand. Tech. Sci., Director of Quality Development Department, Zaure.ab@mail.ru,

²**KAHN Andrey**, Head of QA/QC Systems Development Department, kandrat77@mail.ru,

³**YOON Roman**, Head of Geophysical Department, roman.yun@kazakhmys.kz,

^{3*}**EFIMENKO Sergey**, Cand. Tech. Sci., Chief Specialist (in Geophysics), serg_yef@mail.ru,

¹Kazakhmys Corporation LLP, Kazakhstan, 100012, Karaganda, Chizhevsky Street, 15/2,

²Kazakhmys Corporation LLP, Kazakhstan, 050000, Almaty, Panfilov Street, 98,

³Kazakhmys Corporation LLP, Kazakhstan, 100600, Zhezkazgan, Metallurgists Square, 1,

*corresponding author.

Abstract. The results of the use of X-ray fluorescence energy dispersive (EDXRF) spectrometers for the organization of effective online monitoring of the chemical composition of ores mined and prepared for mining at the mines of Corporation Kazakhmys LLP are shown. Online monitoring is carried out along the walls of the mining faces from the chipped rock mass. As a result of a comprehensive analysis and the introduction of the spectrometer into the geophysical practice of servicing mining operations, it became possible to monitor silver mining online. The results obtained make it possible to carry out geological exploration with the greatest information content. Every year the geography of practical application of spectrometers, due to their higher quality, accurate and efficient indicators, is expanding.

Keywords: X-ray fluorescence, energy dispersive, analysis, mining faces, deposits, copper reserves, mine working.

REFERENCES

1. A. Nigmatullin, A.N. Kan, S.A. Yefimenko, V. Onyshchuk, O. Shabatura. Geophysical online monitoring of copper ores for silver's detection at Kazakhmys Corporation LLC // XIIIth International conference «Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects». Geoinformatics 2019. 13-16 May 2019, Kyiv, Ukraine (DOI: 10.3997/2214-4609.201902095).
2. Abdrakhmanova, Z., Kan A., Yun, R., Yefimenko, S., Makarov, D. Online X-ray fluorescence screening of ore for silver at the mines operated by Kazakhmys Corporation LLC // Sustainable Extraction and Processing of Raw Materials Journal. 2021. V.2. pp. 6-11. ISSN 2738-7100 (print), ISSN 2738-7151 (online).
3. Abdrakhmanova Z.T., Kan A.N., Yun R.V., Efimenko S.A., Makarov D.V. Rentgenofluorescentnyi monitoring geologicheskikh prob na balansovye komponenty // Problemy osvoeniia nedr v KhKhI veke glazami molodykh. Materialy 15 Mezhdunarodnoi nauchnoi shkoly molodykh uchenykh i spetsialistov. 25-28 oktiabria 2021g. – Moscow: IPKON RAN. 2021. pp. 24-29. ISBN 978-601-5-6041085-6-7. https://xn--80apgmbdfl.xn--p1ai/?page_id=8378.
4. Abdrakhmanova Z.T., Kan A.N., Yun R.V., Efimenko S.A., Makarov D.V. Reshenie zadachi maksimalnogo okhvata balansovykh komponentov pri provedenii rentgenoradiometricheskogo energodispersionnogo analiza geologorazvedochnykh prob v TOO «Korporatsiia Kazakhmys» // Glubinnoe stroenie, geodinamika, teplovoe pole zemli, interpretatsiia geofizicheskikh polei. Odinnadtsatye nauchnye chteniia pamiati Iu.P. Bulashevicha. Materialy konferentsii. Ekaterinburg: IGF UrO RAN. 2021. – pp. 4-8. http://igfuroran.ru/images/conference/Bulashevich/2021/2021_Bulashevich_materialy.pdf

5. Kan A.N., Yun R.V., Yefimenko S.A., Erushkin A.V. and Onyshchuk V.I. Geophysical online monitoring of ores delivered to processing plants of Kazakhmys Corporation LLC, targeting silver // XIV International Scientific Conference «Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment», 10-13 November 2020, Kyiv, Ukraine. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202056021>.
6. Nigmatulin A.M., Abdrakhmanova Z.T., Kan A.N., Iun R.V., Efimenko S.A., Isataeva F.M. Operativnoe upravlenie kachestvom dobychi serebra i medi na rudnikakh TOO «Korporatsiia Kazakhmys» // Materiali UII Mizhnarodnogo geologichnogo forumu «Aktualni problemi ta perspektivi rozvitku geologii ta ekologii: nauka i virobnitstvo (02-03 listopada 2020r., m. Odesa, Ukraïna) – Kiïv: Naukove vidavnitstvo «PRO», 2020. – pp. 122-129. ISBN 978-617-95071-0-6. <http://geonews.com.ua/geoforum>.
7. Blyalova G.G., Kan A.N., Yun R.V., Yefimenko S.A. A silver and copper contents monitoring in geological samples of ores at mines and quarries of «Kazakhmys Corporation» LLC // Nauka, osvita, suspilstvo ochima molodikh: Materiali KhIII Mizhnarodnoï naukovo-praktichnoï konferentsii zdobuvachiv vishchoï osviti i molodikh naukovtsiv. – Rivne: RDGU. – 2020, – pp. 278-279. <https://www.rshu.edu.ua/images/nauka/COLLINOSOM2020.pdf>.
8. Serikov A.E., Shakhanov A.M., Kan A.N., Iun R.V., Efimenko S.A. Monitoring sodержanii serebra po stenkam gornyx vyrabotok i v otbitoi gornoi masse v shakhtakh i karerakh TOO «Korporatsiia Kazakhmys» // Materialy XXVI molodezhnoi nauchnoi shkoly «Metallogeniia drevnikh i sovremennykh okeanov–2020. Kriticheskie rudoobrazuiushchikh sistemakh». Miass: FNTs MiG UrO RAN, 2020. pp. 105-108.
9. Nigmatulin A.M., Abdrakhmanova Z.T., Kan A.N., Iun R.V., Isataeva F.M., Efimenko S.A. Povyszenie informativnosti geologicheskogo obsluzhivaniia geologorazvedochnykh i dobychnykh rabot v TOO «Korporatsiia Kazakhmys» // Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii. Nauchnye chteniia pamiati P.N. Chirvinskogo: sb. nauch. st. / otv. red. I.I. Chaikovskii; Perm. gos. nats. issled. UK-t. – Perm, 2020. – Vyp. 23. pp. 260-267. ISBN 978-5-7944-3423-1 (Vyp. 23). ISBN 978-5-7944-1582-7. <https://drive.google.com/open?id=1q4l-xtDIWo4z-a688Mrt37WEj4717iF>.
10. Nigmatulin A.M., Kan A.N., Abdrakhmanova Z.T., Efimenko S.A. Ispolzovanie rentgeno fluoressentnogo metoda online kontroliia sodержanii medi i serebra v rudakh na shakhtakh TOO «Korporatsiia Kazakhmys» // Problemy geologii i rasshireniia mineralno-syrevoi bazy stran Evrazii: Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii – Almaty: TOO IGN. 2019. pp. 263-275. ISBN 978-601-332-461-6.