

Online-мониторинг руд на технологических конвейерах ТОО "Корпорация Казахмыс" с помощью энергодисперсионных рентгенофлуоресцентных рудоконтролирующих станций

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,

¹ШАХАНОВ Амирхан Мухитжанович, начальник отдела по экспресс-анализам, amirhan.shahanov@mail.ru,

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. Шахты и карьеры ТОО «Корпорация Казахмыс», включающего ПО «Жезказганцветмет», ПО «Балхашцветмет» и ПО «Карагандацветмет» Горно-обогатительного комплекса (ГОК), разрабатывают месторождения медьсодержащих полиметаллических руд сложного вещественного состава: Жезказган, Жаман-Айбат, Жиландинская группа (Итауз, Восточная Сарыоба, Западная Сарыоба, Кипшакпай, Карашошак), Конырат, Саянская группа, Шатырколь, Нурказган, Абыз, Акбастау, Кусмурын. Самые богатые участки указанных месторождений преимущественно отработаны, добычные работы ведутся на флангах рудных залежей. Содержания меди в руде снижаются из года в год. В такой ситуации становится крайне востребованным жесткий и эффективный online-мониторинг содержания меди и серебра в товарной руде. Экономические потери от снижения содержания меди в руде частично компенсируются попутной добычей серебра. Только решив эти задачи, можно рассчитывать на создание эффективной системы оперативно-го управления качеством добываемых медьсодержащих руд и попутной добычи серебра с использованием современных аппаратных средств online-мониторинга содержания меди и серебра в добываемых рудах, а также новейшее методическое и программное обеспечение к этим средствам.

Ключевые слова: руда, мед, серебро, обогащение, концентрация, шахта, карьер, фабрика.

Введение

Совершенствование методики и техники online контроля химического состава руд является важнейшей задачей ТОО «Корпорация Казахмыс». На 2017-2025 гг. базовым методом online является рентгенофлуоресцентный метод (РФМ).

Многолетним (с 1998 г.) поставщиком EDXRF спектрометров для Корпорации является ТОО «Аспап Гео» (г. Алматы).

Задачи исследований

Основной задачей данного направления является организация эффективного online-мониторинга содержания меди, цинка, свинца, серебра, кадмия, молибдена, железа и объемов этих металлов в рудах, направляемых шахтами и карьерами на обогатительные фабрики за смену, сутки и с начала месяца, для своевременного внесения

необходимых корректив в процесс добычи и отгрузки руд и металлов [1]. Такой online-мониторинг, помимо решения задачи online-управления процессом отгрузки руды на обогатительные фабрики, должен стать эффективным инструментом пропорционального и максимально точного распределения сливного металла между поставщиками руды (рудниками).

Заявленные к решению аналитические задачи являлись очень сложными. Если по меди, свинцу и цинку имелись примеры успешного online-мониторинга с помощью ПКС содержания этих элементов в рудах на ленточных технологических конвейерах, то примеры online-мониторинга содержания серебра от 1+ г/т (а именно такой уровень может обеспечить эффективное управление попутной добычей серебра) полностью отсутствовали.

В подтверждение сложности поставленных аналитических задач, перечислим несколько основных, не благоприятных для РКС любой конфигурации, факторов, которые отрицательно влияют на определения меди и серебра на входных ленточных технологических конвейерах обогатительных фабрик.

- переменная крупность (от 1-2 до 300 мм) кусков руды;
- низкие средние содержания серебра в рудах (месторождение Жезказган – 15 г/т, месторождения Конырат и Нурказган – 2-3 г/т);
- грязь и пыль на поверхности кусков руды;
- переменная плотность руды (руда поступает с разных месторождений);
- неравномерность заполнения ленты конвейера рудой;
- смещение ленты относительно оси конвейера;
- поступление на Балхашскую обогатительную фабрику (БОФ) отвалного шлака медеплавильного завода (БМЗ) с очень сложной элементной матрицей содержаний;
- переменный зазор «поверхность руды – датчик РКС»;
- присутствие в материале конвейерной ленты цинка в количествах от 2 до 4%.

Аппаратура и оборудование

Анализ литературных источников показал: в цветной металлургии отсутствуют примеры эффективного решения задачи online-мониторинга руд класса крупности – 300 мм и содержаниями серебра и кадмия от 1+ г/т любыми физическими методами на ленточных технологических конвейерах с помощью подвешиваемых РКС [2].

Рынок РКС весьма насыщен и многообразен – это:

- EDXRF РКС: Сканер с лазерной триангуляцией ScanX-3DK (ScanX-3DC) (ООО «КрасРадос», Красноярск), РКС-КМ (ТОО «Технорос», Красноярск), Online Conveyor XRF Analyzer Con X-03 (Baltic Scientific Instruments Ltd, Латвия), РКС АРП-1Ц (ООО «Теханалитприбор», Москва) и другие;
- РКС, использующие гамма-нейтронно-активационный метод анализа (PGNAA): CB Omni (Thermo Fisher Scientific), GEOSCAN, NITA II (ScanMin Africa), EBA 1-2 CE (ENCE GmbH);
- РКС на базе БИК (ближней инфракрасной) спектроскопии SpectraFlow Crossbelt (SpectraFlow Analytics Switzerland);
- РКС на базе спектроскопии лазерно-индуцированного пробоя (LIBS) MAYA-6060, (Laser Detect System – LDS), MAYA M-2010 (Laser Distance Spectrometry Ltd.).

При окончательном выборе типа РКС было учтено [3], что:

- в габариты конвейерных галерей обогатительных фабрик ТОО «Корпорация Казахмыс» наилучшим образом вписываются только EDXRF РКС [4];

- есть положительный опыт применения EDXRF РКС РЛП-3-02 (ООО «Геотех», С-Пб, Россия) на Жезказганских обогатительных фабриках № 1 и № 2 (ЖОФ-1 и ЖОФ-2) с 2014 года [3] (в процессе производственной эксплуатации выяснилось, что РКС РЛП-3-02 не может уверенно определять низкие содержания серебра, поэтому эта РКС не рассматривалась нами для использования в программе).

Методика исследований

В результате в качестве базовой была выбрана EDXRF РКС РЛП-21Т. Последняя проектировалась специально под задачу определения низких (1+ г/т) содержаний серебра. В РКС применены самые современные рентгеновские трубки, кремниевые дрейфовые детекторы (SDD), новейшая высокоскоростная электроника и мощное программное обеспечение, что в совокупности позволило уверенно выйти на уровень определения содержаний серебра и кадмия от 1+ г/т. Такой вывод был сделан по результатам стендовых исследований на эталонных порошковых и мелкодробленых пробах, выполненных на ЖОФ-1 и ЖОФ-2 [3].

Практическое решение задач направления «РФО руд на лентах технологических конвейеров обогатительных фабрик и подземных рудников с помощью EDXRF РКС РЛП-21Т» было реализовано в два этапа:

этап № 1 – ЖОФ-1 и ЖОФ-2 (на этом этапе уточнялись реальные возможности РКС РЛП-21Т в части устойчивой работы на низких содержаниях серебра и выдавались рекомендации по совершенствованию аппаратурного, методического и программного обеспечения РКС РЛП-21Т для гарантированного решения задач этапа № 2) [2];

этап № 2 – БОФ, Карагайлинская ОФ (КОФ), Нурказганский подземный рудник (НПР).

На ЖОФ-1 и ЖОФ-2 поступает руда с шахт и карьеров, разрабатывающих однотипные месторождения медистых песчаников Жезказган, Жаман-Айбат и Жиландинской группы (Итауз, Восточная Сарыоба, Западная Сарыоба, Кипшакпай, Карашошак). В рудах этих месторождений содержания серебра выше (15 г/т, в среднем), чем на других месторождениях, разрабатываемых ТОО «Корпорация Казахмыс» [5, 6].

После проведения полного цикла стендовых исследований и исследований непосредственно на конвейерах РКС РЛП-21Т начали эксплуатировать с октября 2016 года на конвейере № 1Т ЖОФ-2; а в январе 2017 года – на конвейерах № 2Т ЖОФ-2 и № 1А ЖОФ-1.

На экран монитора «АРМ оператора РКС» выводятся графики, отражающие динамику изменений содержаний элементов в руде, а также профиль руды на конвейерной ленте. Опция «Профиль руды» позволяет получить отчет о работе конвейера за смену: сколько конвейер двигался (стоял) с рудой, сколько двигался (стоял) без руды. За работой РКС осуществляется круглосу-

точный видеоконтроль.

Результаты исследований первого этапа:

1. Выбрана и апробирована в производственных условиях оптимальная процедура измерений: единичные измерения (1 сек) выполняются одно за другим, без пропусков (это позволило контролировать небольшие порции руды (до 0,69 т) и, следовательно, более точно определять средние содержания элементов по составам); содержания: меди, свинца, цинка и железа рассчитываются, как среднее из 20 единичных измерений; серебра, кадмия и молибдена – как среднее из 40 единичных измерений [3,7].

2. Отработана процедура учета содержаний цинка в материале конвейерной ленты: временные интервалы, когда конвейер без руды стоит или движется (есть датчик движения ленты), исключаются из обработки.

3. Доказана эффективность принятого принципа учета переменного зазора «руда – РКС»: он выполняется по ультразвуковому датчику расстояния MaxBotix MB7067 и по интенсивности рассеянного излучения элементов, содержащихся в руде; MaxBotix MB7067 является основным способом отслеживания переменного зазора «руда – РКС» [3].

4. Протестирована и признана весьма эффективной система «климат контроля» РКС, обеспечивающая подогрев (зимой) и охлаждение (летом) РКС;

5. Протестировано программное обеспечение системы «РКС – Клиент ЖОФ-1, 2» для регистрации и отображения в режиме online данных РКС о содержаниях элементов и количестве металла в железнодорожных составах руды с шахт и карьеров и консолидирования этих данных с базой данных весов SQL на железнодорожных весах станции «Верхняя» [4]. Система обеспечивает доступ к отчетам о работе РКС всем заинтересованным специалистам корпорации. Отчеты можно посмотреть за: текущие сутки, любые прошедшие

сутки, декаду, месяц, квартал, год [6].

6. Ликвидированы пункты опробования отдела технического контроля (ОТК) железнодорожных составов на конусных дробилках ККД 800/160 (КД-1 ЖОФ-1) и ККД 1500/180 (КД-2 ЖОФ-2).

7. Подтверждена эффективность базового принципа, которого придерживается ТОО «Аспап Гео»: месторождения разные, типы и вещественный состав руд разный – методика работы РКС одна.

Результаты сходимости средних содержаний меди и серебра по РКС РЛП-21Т на конвейерах № 1Т и № 2Т ЖОФ-2 и данных слива классификатора ЖОФ-2 с начала эксплуатации приведены в таблице 1.

По сравнению с ранее используемой технологией поверхностного вагонного опробования руды на ЖОФ-1, 2, включающей ручной отбор вагонных проб, подготовку проб, химический анализ проб, доставку проб на пробоподготовку и химический анализ, online-мониторинг качества руды посредством РКС имеет ряд преимуществ, в частности:

- повышается оперативность контроля и учета рудного сырья;

- исключаются трудоёмкие процессы отбора, доставки проб к местам пробоподготовки и химического анализа, и самих процессов пробоподготовки и химического анализа;

- обеспечивается гораздо более высокая достоверность результатов определения содержаний элементов в руде за счет непрерывного режима опробования потока руды на ленте технологического конвейера;

- резко сокращается время реакции на изменение качества рудного сырья по шахте (карьеру) за счет оперативного принятия решений по корректировке процесса отгрузки руды на фабрики;

- исключается влияние «человеческого фактора» на результаты опробования руды.

В связи с этим первый этап реализации на-

Таблица 1 – Сходимость результатов РКС РЛП-21Т и слива ЖОФ-2 на конвейерах №1Т и №2Т

Год, месяц	Медь, %				Серебро, г/т			
	Слив	РКС	Δ	σ, %	Слив	РКС	Δ	σ, %
2017г.	0,777	0,783	-0,006	0,82	12,387	12,784	-0,180	1,430
2018г.	0,832	0,839	-0,007	0,860	11,158	12,011	-0,853	7,640
2019г.	0,820	0,813	0,007	0,910	12,828	13,004	-0,175	1,370
2020г.	0,812	0,803	0,010	1,200	14,494	14,157	0,338	2,330
1	0,807	0,771	0,036	4,461	15,713	14,955	0,758	4,824
2	0,795	0,773	0,022	2,767	14,720	14,236	0,484	3,288
3	0,782	0,762	0,020	2,558	13,338	13,694	-0,356	-2,669
4	0,760	0,742	0,018	2,368	12,347	13,205	-0,858	-6,949
5	0,767	0,771	-0,004	-0,522	12,125	13,100	-0,975	-8,041
2021г.	0,782	0,764	0,018	2,352	13,649	13,838	-0,189	1,388

правления «РФО руд на лентах технологических конвейеров с помощью EDXRF РКС РЛП-21Т» завершился успешно.

Самая сложная аналитическая задача второго этапа исследований была решена на БОФ, на которую поставляются руды золото-медно-порфирового месторождения Нурказган, Саякской группы медно-скарновых месторождений, золото-медно-порфирового (с ураном) месторождения Шатырколь, медно-порфирового месторождения Конырат, золоторудных месторождений Акжал, Ашалы, а также отвальные шлаки БМЗ [2, 8].

Руды, поступающие на БОФ, представлены всей палитрой содержаний меди: богатые (Шатырколь), средние (Саяк-1, Тастау, Нурказган, Абыз), бедные (Конырат) и убогие (Акжал, Ашалы). Отвальный шлак БМЗ имеет очень сложную для рентгенофлуоресцентного метода элементную матрицу содержаний: Cu – до 1,15%, Zn – до 6,0%, Pb – до 0,70%, Fe – до 53,0% [1, 2]. Все руды и отвальный шлак имеют очень низкие содержания серебра (как правило, менее 10 г/т, а в Конырате и Нурказгане – менее 3 г/т). Диапазон содержаний меди – от 0,2 до 4,0%. Крупность руды и отвального шлака, транспортируемых конвейерами № 2 и № 2А, соответствует классу – 300 мм. Определяемые элементы медь, свинец, цинк, серебро, кадмий, железо.

Обеспечение устойчивой работы РКС на рудах с предельно низкими для РФМ содержаниями серебра, кадмия и молибдена – это сложная опробованная задача. Для ее решения в четыре РКС РЛП-21Т установлены: мощные рентгеновские трубки с рабочим напряжением 60 кВ; использованы кремниевые дрейфовые детекторы (SDD) большой площади; использованы коллиматоры пучка первичного излучения рентгеновской трубки.

Выполнены модернизации пакета программного обеспечения РКС РЛП-21Т. В нем усилены фрагменты, отвечающие за компенсацию: переменный зазор «датчик – руда»; учтено влияние

матричного эффекта и другое. В пакетах ПО двух РКС, используемых на БОФ, отказались от единой градуировки спектрометров. Выбор нужной градуировки производится автоматически в зависимости от содержаний основных элементов (а также железа) и записей в весовых накладных [1].

Перед установкой на конвейеры все РКС РЛП-21Т прошли через стандартный этап стендовых исследований. При этом использовались наборы градуировочных проб руд с каждого месторождения с известными химическими анализами всех шести элементов. Каждый набор включал три вида проб: порошковые пробы, фракция после валковой дробилки, фракция после щековой дробилки. После подвески каждой РКС непосредственно на конвейерах весь цикл исследований на пробах повторялся, но с учетом ограничений по времени остановки конвейеров на исследования [1].

Результаты исследований второго этапа:

1. На БОФ РКС РЛП-21Т установлены на входных ленточных конвейерах № 2 и № 2А и введены в эксплуатацию 4 мая 2018 года. Определяемые элементы: медь, свинец, цинк, железо, серебро и кадмий. Крупность руды – 300 мм [5, 9].

С июля 2018 года пункт вагонного опробования ОТК на конусной дробилке ККД 1500/180 был сокращен [2, 10].

Результаты производственной эксплуатации РКС РЛП-21Т на БОФ со дня ввода РКС в эксплуатацию приведены в таблице 2.

2. На Карагайлинскую обогатительную фабрику (КОФ) поступает руда с золото-колчеданно-медно-свинцово-цинкового месторождения Абыз, стратиформных колчеданно-медно-свинцово-цинковых месторождений Кусмурын и Акбастау. На КОФ РКС РЛП-21Т размещена на ленточном конвейере № 4 и введена в эксплуатацию 27 июля 2018 года (рисунок 1а) [2, 4]. Определяемые элементы: медь, свинец, цинк, железо, серебро и кадмий. Крупность руды соответствует классу – 50 мм.

Таблица 2 – Сходимость результатов РКС РЛП-21Т и слива БОФ на конвейерах №2 и №2А

Месяц	Медь, %				Серебро, г/т			
	Слив	РКС	Δ	σ, %	Слив	РКС	Δ	σ, %
2018г.	0,963	0,966	-0,003	0,39	5,304	4,79	0,51	9,69
2019г.	0,941	0,982	-0,041	-4,34	4,889	4,109	0,78	15,95
2020г.	1,074	1,080	-0,006	-0,54	5,360	4,225	1,135	21,18
1	1,04	0,99	0,05	4,81	5,09	4,47	0,62	12,18
2	1,07	1,10	-0,03	2,80	4,88	4,31	0,57	11,68
3	0,77	0,79	-0,02	2,60	3,90	3,53	0,37	9,49
4	0,79	0,80	-0,01	1,27	4,60	3,66	0,94	20,43
5	0,79	0,82	-0,03	3,80	4,17	3,74	0,43	10,31
2021г.	0,892	0,900	-0,008	-0,90	4,528	3,942	0,586	12,94



а) РКС РЛП-21Т на КОФ



б) РКС РЛП-21Т на НПП

Рисунок 1 – РКС РЛП-21Т на КОФ и НПП

3. На Нурказганском подземном руднике (НПП), который отгружает руду на Нурказганскую ОФ и на БОФ, смонтирована РКС РЛП-21Т на магистральном ленточном конвейере № 1 (рисунок 1б). Определяемые элементы: медь, свинец, цинк, железо, серебро и молибден. Крупность руды соответствует классу – 300 мм. Сейчас РКС работает на магистральном конвейере № 2 (рядом с весами).

4. РКС РЛП-21Т была установлена на конвейер № 1 ЖОФ-1 вместо РКС РЛП-3-02. Отличие этой РКС в том, что для удобства технического обслуживания РКС складывается под углом 90° [13]. Отличие конвейера № 1 от конвейера № 1А состоит в том, что на конвейере № 1 ширина потока руды заметно уже, чем на конвейере № 1А. В материале конвейерной ленты присутствует цинк, поэтому пришлось принять меры по сокращению у РКС РЛП-21Т «конуса обзора» поверхности руды на конвейере.

С момента введения в эксплуатацию РКС РЛП-21Т отмечены следующие содержания серебра на ЖОФ-1, 2: – 102,0 г/т (максимальное) и 3,2 г/т (минимальное); на БОФ: максимальные: 11,5 г/т (Тастау) и 12,3 г/т (отвальный шлак), минимальное – 1,9 г/т (Коньрат); на КОФ: 19,6 г/т (максимальное) и 6,5 г/т (минимальное); на НПП: 7,4 г/т (максимальное) и 1,1 г/т (минимальное); молибдена: 0,2437% (максимальное) и 0,0011% (минимальное). Таким образом, впервые в мировой практике EDXRF РКС смогла уверенно определить столь низкие содержания серебра в рудах крупностью – 300 мм. Это ещё одно подтверждение уникальности методического и математического фрагментов ПО РКС РЛП-21Т.

Считаем уместным отметить, что три РКС РЛП-21Т в 2019-2020 гг. были запущены в работу на золотоизвлекательных фабриках (Омсукчанская ЗИФ – две РКС и ЗИФ Лунное – одна РКС) ЗАО «Серебро Магадана» (Россия); список определяемых элементов: серебро (основной), свинец, железо, медь, цинк, олово.

Выводы

1. Разработан, всесторонне апробирован и внедрен в производство комплекс online-мониторинга содержаний основных (медь, свинец, цинк) и сопутствующих (серебро, кадмий, молибден) элементов в медьсодержащих полиметаллических рудах, поступающих на ЖОФ-1, ЖОФ-2, БОФ, КОФ, и добываемых НПП [2]. Основу комплекса составляют EDXRF РКС РЛП-21Т казахстанского производства. Всего внедрено в производство 8 РКС РЛП-21Т.

2. Впервые в цветной металлургии Казахстана в масштабах огромного горного предприятия (ТОО «Корпорация Казахмыс») решена задача достоверного online-мониторинга на ленточных технологических конвейерах крупнодробленых руд класса – 300 мм с очень низкими содержаниями серебра, кадмия (от 1+ г/т) и молибдена (от 10+ г/т). Созданы реальные предпосылки для оперативного управления попутной добычей этих металлов [3].

3. Задача решена с минимальными капиталовложениями (ряд фирм из Австралии и ЮАР предлагали решить задачу с помощью РКС, использующих метод гамма-нейтронно-активационного анализа – PGNAА (Prompt Gamma Neutron Activation Analysis); стоимость одной такой РКС превышала стоимость восьми внедренных EDXRF РКС РЛП-21Т).

4. Внедрение РКС позволило:

- проводить оперативные online-измерения объемов и содержаний металлов в руде, поставляемых на обогатительные фабрики за смену, сутки и с начала месяца, по составам руды, по объемам добычи в целях внесения необходимых в процессе добычи и отгрузки руд и металлов;

- использовать надежную доказательную базу для аргументированного отстаивания своих интересов по качеству поставленной руды при распределении сливного металла ОФ.

5. В результате внедрения РКС на технологических конвейерах обогатительных фабрик были

ликвидированы пункты традиционного опробования ОТК на конусных дробилках: КҚД 800/160 (ЖОФ-1), КҚД 1500/180 (ЖОФ-2), КҚД 1500/180 (БОФ).

6. Возможные объекты практического применения РКС РЛП-21Т в ТОО «Корпорация Казах-

мыс» – это подземные технологические конвейеры шахт, а также конвейеры, по которым медный концентрат после сушки направляется на Жезказганский медеплавильный завод Kazakhmys Smelting LLC.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Barishnikov A., Gaft M., Isaenko G., Mansurova N., Tikhonov D. at al // ICSTI – 6th International Congress of the Science and Technology of Ironmaking, Brazil, 2012.
2. ABB, «Online Analyser SpectraFlow», ABB Schweiz, Baden-Dättwil, Schweiz, 2013.
3. Каранин Д., Ногарев А., Шишкин А. Система контроля качества руды на горно-обогатительной фабрике // Стандарты и качество. – М., 2010. № 1. С. 36-39.
4. Ишметьев Е.Н., Романенко А.В., Ушеров А.И., Салихов З.Г., Леднов А.В. Производственно-аналитический комплекс для непрерывного измерения химического состава материалов в потоке в условиях металлургической и горнодобывающей промышленности // Информация и системы управления в промышленности. – М., 2012. № 1. С. 48-52.
5. Zhumagulov B.T., Tuleshov A.K., Drakunov Yu.M. Computer modeling and control system for X-ray radiometrical well-logging unit / World Congress on Engineering // London, 2010. – pp. 900-906.
6. Барышников А.М., Гафт М.Л. Применение лазерного анализатора для сортировки минерального сырья и стабилизации сырьевых смесей в режиме реального времени в производстве цветных металлов // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 3 (2014 7) 327-339.
7. Ефименко С.А., Ефименко О.С., Портнов В.С., Маусымбаева А.Д. Ядерно-геофизические технологии «on-line» контроля качества руд, поступающих на Жезказганскую обогатительную фабрику № 1 // 8-е научные чтения памяти Ю.П. Булашевича. Материалы конференции. Екатеринбург: УрО РАН, 2015. – С. 156-160.
8. Yefimenko S., Yefimenko O., Portnov V., Maussymbayeva A, Makarov D. Nuclear-geophysical technologies for online quality control of ores and their processing products applied at corporation Kazakhmys PLC // 20th Conference on Environment and Mineral Processing. Ostrava: VŠB-TU, 2016. pp. 325-331.
9. Yefimenko S., Yefimenko O., Shakhmanov A., Abdrakhmanova Z., Makarov D. Multicomponent online analysis of coarse ore on conveyors of Kazakhmys LLC processing plants // 21th Conference on Environment and Mineral Processing. Ostrava: VŠB-TU, 2017. pp. 245-249.
10. Nigmatulin A.M., Abdrakhmanova Z.T., Kan A.N., Yefimenko S.A. Nuclear-geophysical technologies of «on-line» control of the chemical composition of copper-containing polymetallic ores // Resource and resource-saving technologies in minerals mining and processing. Multi-authored monograph. – Petrosani. Romania: UNIVERSITAS Publishing. 2018. pp. 162-179.
11. Oliinyk, T., Yefimenko, S., Abdrakhmanova, Z., Kan, A., Issatayeva, F. (2020). Online ore monitoring using EDXRF method on process conveyor belts at Kazakhmys Corporation LLC operations E3S Web of Conferences, 166, art. no. 02006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016602006>.
12. 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.
13. Nigmatulin A., Abdrakhmanova Z., Kan A., Efimenko S., Makarov D. Online X-ray fluorescence monitoring of coarse ore for silver at the process conveyors at Kazakhmys Corporation LLC // Journal of the Polish Mineral Engineering Society (Inzynieria Mineralna). 2020. No. 1 (45). V. 2. pp. 145-148. <http://doi.org/10.29227/IM-2020-01-56>.
14. 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>.

Энергодисперсиондық рентгенофлуоресцентті кен бақылау станцияларының көмегімен «Қазақмыс корпорациясы» ЖШС технологиялық конвейерлерінде кендердің online 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,

¹**ШАХАНОВ Амирхан Мухитжанович**, экспресс-талдау бөлімінің бастығы, amirhan.shahanov@mail.ru,

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 шахталары мен карьерлері құрамында «Жезқазғантүстімет» ӨБ, «Балқаштүстімет» ӨБ және «Қарағандытүстімет» ӨБ бар, тау-кен байыту кешенінің (ТКБК) құрамында мыс бар полиметалл кендері бар, заттық құрамы күрделі кен орындары әзірленуде: Жезқазған, Жаман-Айбат, Жыланды тобы (Итауыз, Шығыс Сарыоба, Батыс Сарыоба, Қыпшақпай, Қарашошақ), Қоңырат, Саяқ тобы, Шатыркөл, Нұрқазған, Абыз, Ақбастау, Құсмұрын. Аталған кен орындарының ең бай учаскелері негізінен игерілген, кен шоғырларының қапталдарында өндіру жұмыстары жүргізілуде. Кендегі мыс құрамы жылдан жылға азайып келеді. Мұндай жағдайда тауарлық кендегі мыс пен күмістің құрамын қатаң және тиімді онлайн бақылау өте қажет болады. Кендегі мыс құрамының төмендеуінен болатын экономикалық шығындар ішінара күмісті өндірумен өтеледі. Осы міндеттерді шеше отырып қана өндірілетін мыс құрамындағы кендердің сапасын жедел басқарудың және өндірілетін кендердегі мыс пен күмістің құрамын online мониторингілеудің заманауи аппаратуралық құралдарын пайдалана отырып, күмісті ілеспе өндірудің тиімді жүйесін құруға, сондай-ақ осы құралдарға арналған жаңа әдістемелік және бағдарламалық қамтамасыз етуге сенім артуға болады.

Кілт сөздер: кен, бал, күміс, байыту, концентрациясы, шахта, карьер, фабрика.

Online Monitoring of Ores on Technological Conveyors of Kazakhmys Corporation LLP with the Help of Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Mining Control Stations

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,

¹**SHAKHANOV Amirkhan**, Head of Express Analysis Department, amirhan.shahanov@mail.ru,

^{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 mines and quarries of Kazakhmys Corporation LLP, which includes Zhezkazgantsvetmet, Balkhashtsvetmet and Karagandatsvetmet Mining and Processing Complex (GOK), are developing deposits of copper-containing polymetallic ores of complex material composition: Zhezkazgan, Zhaman-Aybat, Zhilandinsky group (Itauz, East Saryoba, West Saryoba, Kipshakpai, Karashoshak), Konyrat, Sayak group, Shatyrkol, Nurkazgan, Abyz, Akbastau, Kusmuryr. The richest areas of these deposits are mostly worked out, mining operations are carried out on the flanks of ore deposits. The copper content in the ore is decreasing from year to year. In such a situation, strict and effective online monitoring of copper and silver contents in commercial ore becomes extremely in demand. The economic losses from the reduction of copper content in the ore are partially offset by the associated extraction of silver. Only by solving these tasks, one can count on the creation of an effective operational quality management system for mined copper-containing ores and associated silver mining using modern hardware for online monitoring of copper and silver contents in mined ores, as well as the latest methodological and software for these tools.

Keywords: ore, honey, silver, enrichment, tested, concentrations, mines, quarry, factory.

REFERENCES

1. Barishnikov A., Gaft M., Isaenko G., Mansurova N., Tikhonov D. et al // ICSTI – 6th International Congress of the Science and Technology of Ironmaking, Brazil, 2012.
2. ABB, «Online Analyser SpectraFlow», ABB Schweiz, Baden-Dättwil, Schweiz, 2013.
3. Karanin D., Nogarev A., Shishkin A. Sistema kontrolya kachestva rudy na gorno-obogatitelnoi fabrike // Standarty i kachestvo. Moscow: 2010. No. 1. pp. 36-39.
4. Ishmetev E.N., Romanenko A.V., Usherov A.I., Salikhov Z.G., Lednov A.V. Proizvodstvenno-analiticheskii kompleks dlia nepreryvnogo izmereniia khimicheskogo sostava materialov v potoke v usloviakh metallurgicheskoi i gornodobyvaiushchei promyshlennosti // Informatsiia i sistemy upravleniia v promyshlennosti. – Moscow: 2012. No. 1. pp. 48-52.
5. Zhmagulov B.T., Tuleshov A.K., Drakunov Yu.M. Computer modeling and control system for X-ray radiometrical well-logging unit / World Congress on Engineering // London, 2010. – pp. 900-906.
6. Baryshnikov A.M., Gaft M.L. Primenenie lazernogo analizatora dlia sortirovki mineralnogo syria i stabilizatsii syrevykh smesei v rezhime realnogo vremeni v proizvodstve tsvetnykh metallov // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 3 (2014 7) 327-339.
7. Efimenko S.A., Efimenko O.S., Portnov V.S., Mausymbaeva A.D. Iaderno-geofizicheskie tekhnologii «on-line» kontrolya kachestva rud, postupaiushchikh na Zhezkazganskuiu obogatitel'nuiu fabriku № 1 // 8-e nauchnye chteniia pamiati Iu.P. Bulashevicha. Materialy konferentsii. Ekaterinburg: UrO RAN, 2015. – pp. 156-160.

8. Yefimenko S., Yefimenko O., Portnov V., Maussymbayeva A, Makarov D. Nuclear-geophysical technologies for online quality control of ores and their processing products applied at corporation Kazakhmys PLC // 20th Conference on Environment and Mineral Processing. Ostrava: VŠB-TU, 2016. pp. 325-331.
9. Yefimenko S., Yefimenko O., Shakhanov A., Abdrakhmanova Z., Makarov D. Multicomponent online analysis of coarse ore on conveyors of Kazakhmys LLC processing plants // 21th Conference on Environment and Mineral Processing. Ostrava: VŠB-TU, 2017. pp. 245-249.
10. Nigmatulin A.M., Abdrakhmanova Z.T., Kan A.N., Yefimenko S.A. Nuclear-geophysical technologies of «on-line» control of the chemical composition of copper-containing polymetallic ores // Resource and resource-saving technologies in minerals mining and processing. Multi-authored monograph. – Petrosani. Romania: UNIVERSITAS Publishing. 2018. pp. 162-179.
11. Oliinyk, T., Yefimenko, S., Abdrakhmanova, Z., Kan, A., Issatayeva, F. (2020). Online ore monitoring using EDXRF method on process conveyor belts at Kazakhmys Corporation LLC operations E3S Web of Conferences, 166, art. no. 02006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016602006>.
12. Nigmatulin A.M., Kan A.N., Abdrakhmanova Z.T., Efimenko S.A. Ispolzovanie rentgenofluorescentnogo metoda online kontrolya 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.
13. Nigmatulin A., Abdrakhmanova Z., Kan A., Efimenko S., Makarov D. Online X-ray fluorescence monitoring of coarse ore for silver at the process conveyors at Kazakhmys Corporation LLC // Journal of the Polish Mineral Engineering Society (Inzynieria Mineralna). 2020. No. 1 (45). V. 2. pp. 145-148. <http://doi.org/10.29227/IM-2020-01-56>.
14. 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>.