

Усовершенствование АСУТП и стратегии развития ОФ СП "Эрдэнэт".

Гэрбиш.Ш, Отгоолой.Б, Ганболд.Г, *Гэээгт.Ш,
*Дэлгэрбат.Л, *Лхагва.Ж, *Ренчинжүгдэр.Б

* - город Эрдэнэт, СП "Эрдэнэт"

Введение

Для управления и контроля технологических процессов горно-добывающих предприятий всё интенсивнее внедряются автоматизированные системы, основанные на современной компьютерной и электронной технике.

Благодаря использованию усовершенствованной непрерывной экспресс аналитической и компьютерной техники в определении элементного состава технологической продукции, можно решить проблемы увеличения извлекаемых металлов, внедрения безотходной и развития экологически чистой технологии.

В связи с техническим перевооружением ОФ СП "Эрдэнэт" в данной работе нами были проведены сравнительные оценки пульповых анализаторов СРМ-13 и АР-31 российского производства, Courier-30 "Outokumpu" Финляндия и ISA Amdel, Австралия.

1. Выбор типа пульпового анализатора АСУТП ОФ.

При выборе типа пульповых анализаторов для технического перевооружения

ОФ были учтены:

- опыт эксплуатации на СП "Эрдэнэт" пульповых рентгеновских анализаторов СРМ-13 и АР-31,
- опыт эксплуатации на СП "Эрдэнэт" и зарубежом пульповых рентгеновских

- анализаторов "Cougier-30",
- опыт применения и разработки на зарубежных
предприятиях пульповых
рентгеновских анализаторов XRA-1600 американского
производства.

- опыт разработки и применения на зарубежных
предприятиях радиоизотопных
зондов (анализаторов в потоке) AMDEL-ISA (МЕР-
многоэлементный зонд,
SEP-одноэлементный зонд, MSA-многопоточный
анализатор).

- результаты обработки сравнительных испытаний
анализаторов AP-31, Cougier-30 и AMDEL-ISA.

В настоящее время, на предприятии, имеются
аналитические системы определения содержания элементов в
технологических точках, на основе многопоточных
рентгеновских анализаторов типа Cougier-30 и AP-31 с
громоздкими системами отбора и доставки проб.

Аналитические системы на основе анализаторов "Cougier-
30" в комплекте со специализированным вычислительным
комплексом и мультиплексером предназначены для
определения содержания до пяти элементов в десяти точках
опробования посредством поочередного пропускания проб
пульп через одну измерительную кювету.

Аналитические системы на основе анализаторов AP-31 в
составе с СМ 1810.41 и СМ 1634 предназначены для
определения содержания до 7 элементов в 15 точках
опробования посредством поочередного подключения каретки
анализатора к 15 измерительным кюветам с протекающими
через них пробами пульп.

В процессе эксплуатации этих систем на предприятии и в
результате проведенного сравнительного испытания
установлены:

1. Частота анализа в каждой контролируемой точке не
обеспечивает требуемой достоверности и оперативности
контроля. Кроме того, из-за частых отказов пробоотборников,
формирователей, делителей проб и других факторов
погрешность определения содержания элементов в пульпе
колеблется в пределах 5%. При этом имеют место частые
выбросы результатов анализа за допустимые пределы

погрешности измерений, что свидетельствует о нестабильности их работы и делает их практически неприменимыми в системе управления с оптимизацией технологического процесса.

2. Анализаторы и система отбора и доставки проб имеют недостаточную надежность и достоверность. Так аналитическая система на основе анализатора "Couger-30" с момента ввода в 1991 г. практически не эксплуатируется из-за периодического выхода из строя отдельных блоков и деталей. При этом, на приобретение запчастей к аналитической системе потрачено более 70000 долларов США (контракты №CS9302/7520, В 5200/K9472). Из-за отказов в работе систем, на основе AP-31, потери "получасовых" анализов достигают 10%.

3. При отказах анализатора или системы отбора и доставки проб исключаются из оперативного анализа все точки контроля технологического потока пульпы, на которые задействована данная аналитическая система, т.е. отсутствует на время отказа оперативная информация о состоянии технологического процесса 1 и 2-х секциях ОФ одновременно.

4. Системы сложны в эксплуатации, требуют практически постоянного присутствия высококвалифицированных специалистов для поддержания их в работоспособном состоянии и имеют высокую эксплуатационную стоимость.

5. На результаты анализа существенное влияние оказывает гранулометрический состав твердой фазы пульпы т.е. достоверность показания этих анализаторов существенно зависит от результатов работы цикла измельчения и классификации. Это приводит к необходимости повторных градуировок в уравнениях связи.

6. Поочередное пропускание различных продуктов имеющих разные содержания анализируемых элементов через одну и ту же измерительную кювету, несмотря на промывку водой, "сглаживает" результаты измерения и как правило анализ содержания элементов в "бедных" бывает завышенным.

В связи с вышеперечисленными недостатками эксплуатирующихся на ОФ систем аналитического контроля являются причиной рассмотрения других альтернативных типов анализаторов зарекомендовавших себя в практике работы на зарубежных предприятиях, более высокими показателями по надежности, удобством эксплуатации в наших условиях,

имеющих достаточную оперативность при выдаче результатов анализа в каждой контролируемой точке и др.

Имеются предложения по доставке анализаторов XRA-1600 фирмы Sevedala Autometrics (Денвер, США) и фирмы Amde (Австралия).

Анализаторы AP-31, Courier-30 и XRA-1600 применяют в качестве источника рентгеновские трубки с различной мощностью и относятся к анализаторам основанным на волнодисперсионном методе анализа.

Рентгеновские лучи от пробы проходят через коллиматор или щель и попадают на кристаллический дифрактор КД, который разлагает на различные углы в зависимости от длины волны каждого характеристического излучения.

Следовательно, качество аппаратного исполнения и настройки сильно влияет на стабильность показаний анализаторов.

Анализаторы, принцип действия которых, основаны на волнодисперсионном методе обычно имеют нестабильное фоновое излучение чем у анализаторов основанных на энергодисперсионном методе анализа. Это приводит к ухудшению соотношения сигнал/шум, увеличению ошибки и необходимости периодической корректировки регрессионных коэффициентов.

Источником излучения у энергодисперсионных анализаторов является радиоизотоп. Рентгенофлуоресцентное излучение из пробы преобразуется в электрические импульсы амплитуда которых пропорциональна энергии излучения. Каждый химический элемент излучает характеристические рентгено-флуоресцентные излучения с определенной энергией.

Данный тип анализатора имеет хорошее соотношение сигнал/шум, имеет автоматическую стабилизацию интенсивности источника и работу детектора.

Благодаря чему точность определения содержания элементов близка к теоретической т.е. ошибка не превышает 0,1%. На рисунке 1, 2 и 3 показаны рентгенофлуоресцентные спектры снятые анализаторами Amde (Австралия).

Анализаторы Amde-ISA имеют три основные модификации а/. MEI (multi-element probe) - это погружные радиоизотопные зонды для многоэлементных анализов. MEI

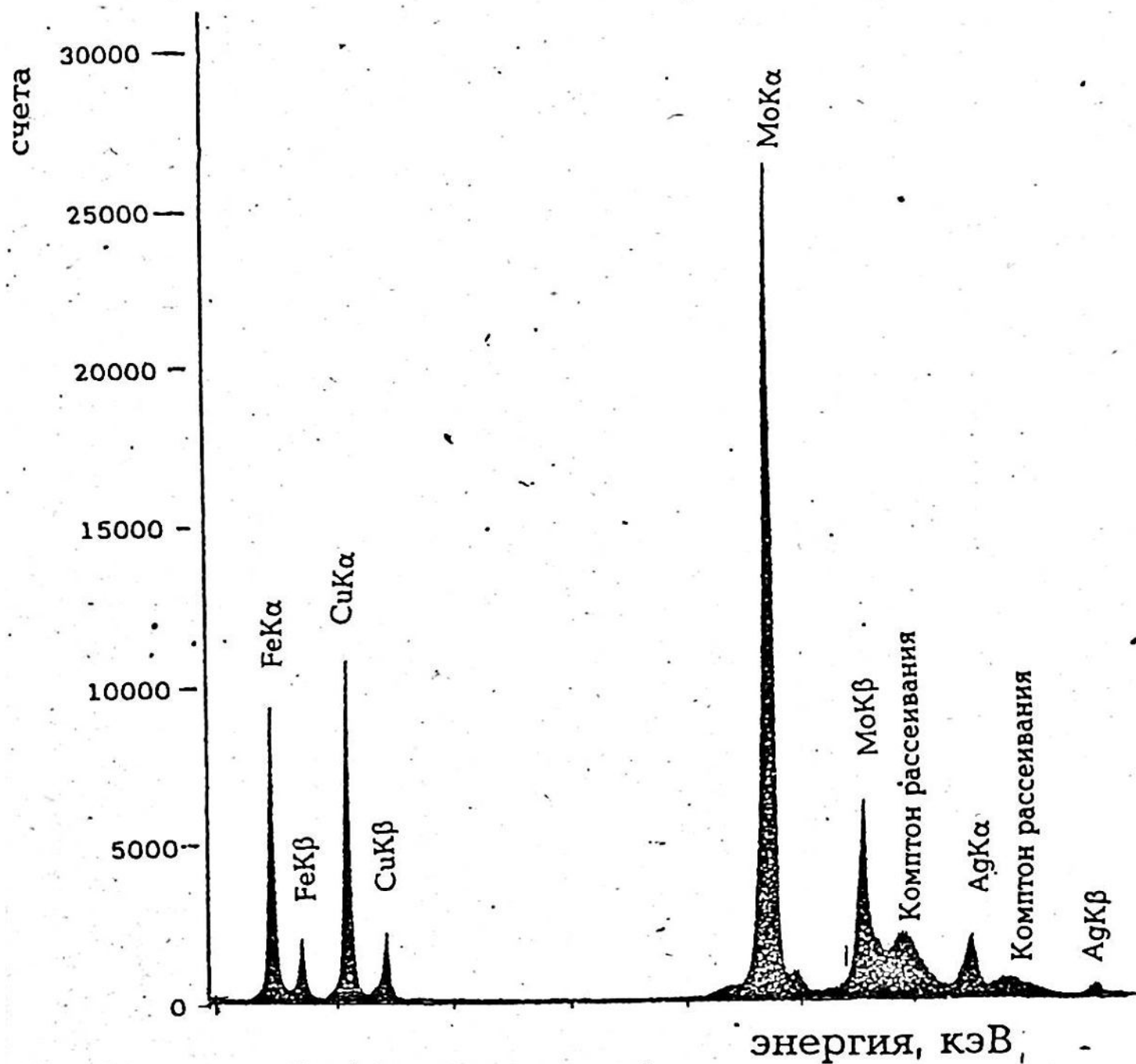


Рис. 1 Рентгенофлуоресцентный спектр медномолибденовой руды Si(Li) — спектрометр (MEP Amdel, Australia).
Образец: Cu — Mo руда — 0,5% Mo; радиоизотопный источник Cd — 109 (20мКи); время измерения — 60 сек.

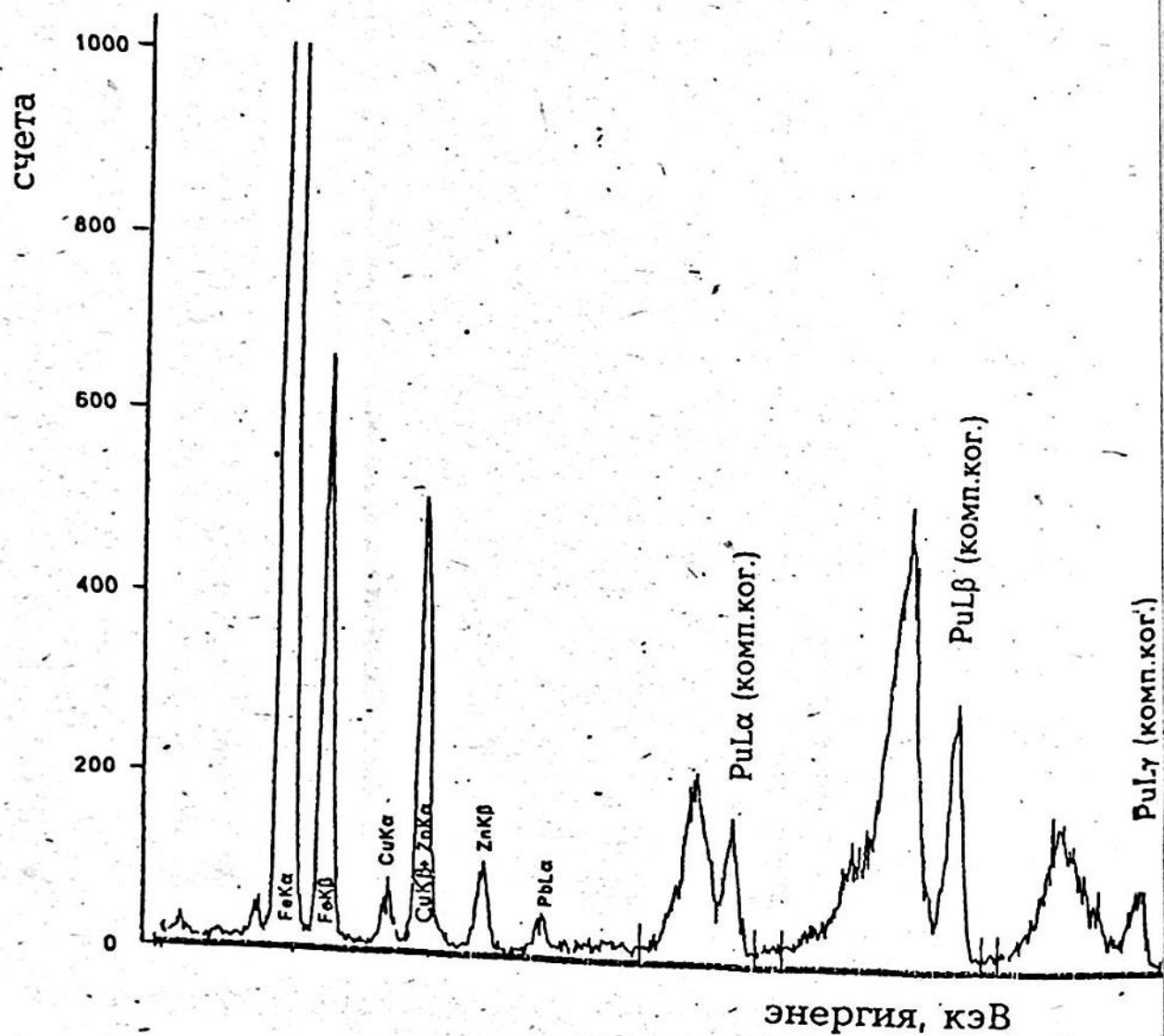


Рис.2 Рентгенофлуоресцентный спектр пульпы полиметаллической руды. Si(Li) — спектрометр (MEP Amdel, Australia). Радиоизотопный источник Pu — 238 (30 мКи); время измерения — 60 сек.

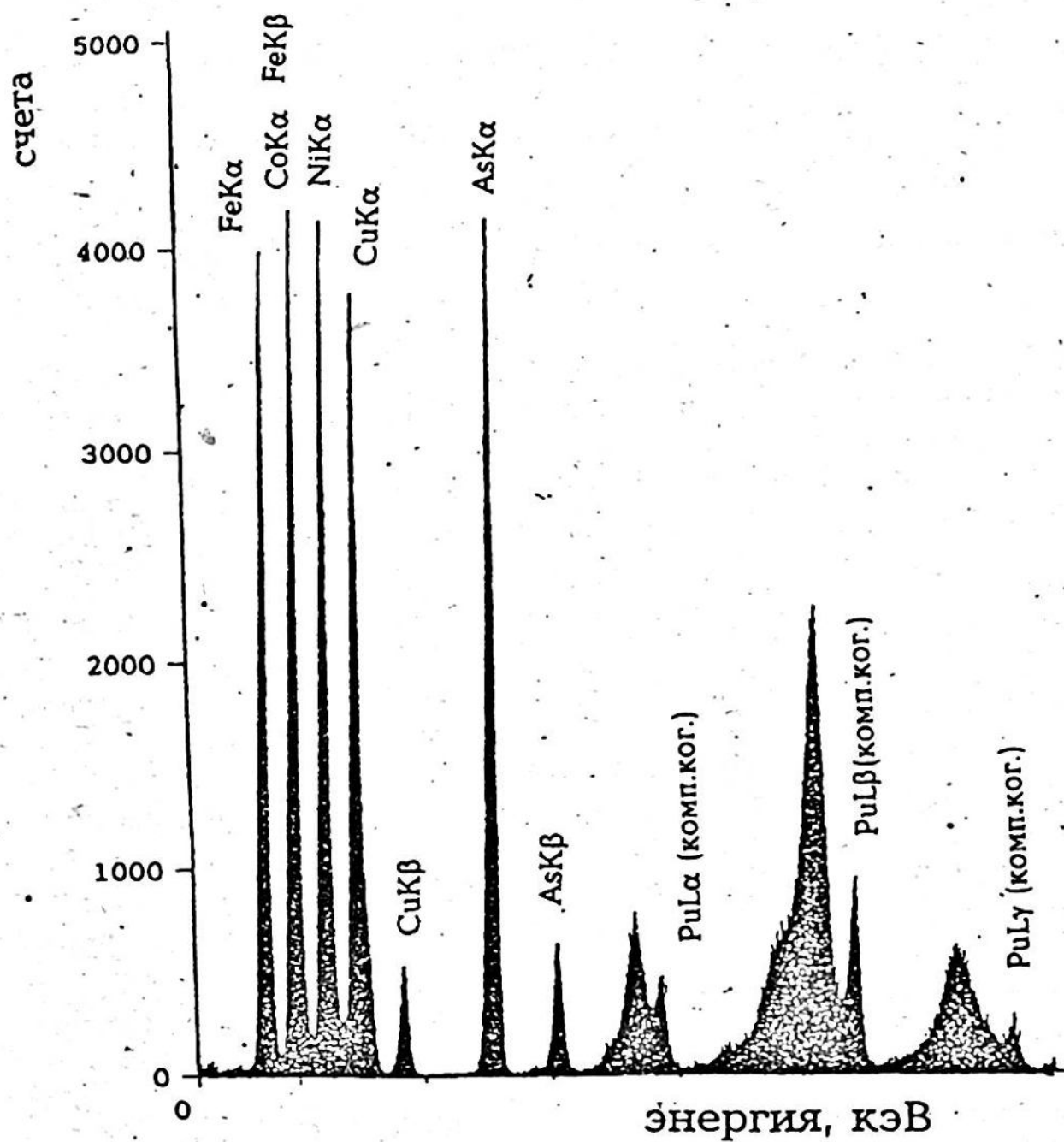


Рис.3 Рентгенофлуоресцентный спектр полиметаллической руды Si(Li) – спектрометр (MEP Amdel, Australia).
 Образец: полиметаллическая руда – стандартный образец;
 радиоизотопный источник Pu – 238 (100 мКи);
 время измерения – 60 сек.

• может одновременно определять содержание до 8 элементов и плотности пульпы.

б/. SEP(single-element probe) - это погружные радиоизотопные зонды для одноэлементного анализа. Они могут определять содержание только одного элемента и плотности пульпы.

в/. MSA(multi-stream analyser) - многопоточный и многоэлементный анализатор с использованием мультиплексоров для переключения на него пробы то анализируемых потоков.

Анализ данных показывает, что:

1. Применение аналитических систем на основе анализаторов Cougier-30;

как по экономическим показателям, сравнительная стоимость одного анализа в 1.35 раза выше чем базовой, так и по техническим характеристикам-надежности, точности и др. является нецелесообразным в условиях СП "Эрдэнэт".

2. Анализатор Denver XRA-1600 имеет низкое соотношение сигнал/шум. Например, по данным "Outokumpu" это соотношение у XRA-1600 в 2.6 раза ниже чем у Cougier-30 и в 7-8 раза ниже чем у Cougier-30 XP из-за использования маломощной рентгеновской трубки.

Следовательно, имеет относительно высокое фоновое излучение, низкую чувствительность и точность определения элементов имеющих низкое содержание.

Технико-экономические характеристики аналитической системы на основе анализатора XRA-1600 мало отличается от показателей базового варианта с присущим многопоточным анализаторам недостатками. На ОФ Чино (США) эксплуатируются 2 системы XRA-1600 и устаревший модель Cougier-300 и в настоящее время производят замену Cougier-300 на Cougier-30XP, а не на XRA-1600.

Специалисты Чино доказывают, что по техническим и эксплуатационным данным XRA-1600 хуже, чем Cougier.

3. Практика эксплуатации и результаты сравнения показывают, что анализатор AP-31 имеет большую нестабильность в работе, большая дискретность выдачи (30 мин.) анализа с низкой достоверностью, конструктивные несовершенства и др. AP-31 не может быть характеризован как

перспективный тип анализатора на базе которого можно было бы создать эффективную систему контроля и управления технологическим процессом обогащения руд СП "Эрдэнэт".

4. Анализ технико-эксплуатационных данных и практики работы зарубежных обогатительных фабрик и тенденция развития алгоритмической базы вновь создаваемых систем управления технологическим процессом переработки руд показывают, что применение анализаторов непрерывного действия (с вариацией показателей процесса за не более 2-3 минуты) становится более актуальной.

Этому требованию из существующих анализаторов наиболее отвечает Amdel-ISA, который имеет следующие преимущества перед другими:

- обеспечивается непрерывный многоэлементный анализ с интервалом 1-5 минут
- системы экспресс анализа основанные на этих анализаторах (MEP и SEP зонды) имеют в 2-4 раза меньше сравнительную стоимость одного анализа.
- имеет повышенную системную надежность т. к. отказ отдельного анализатора приводит к потере анализа только в одной контролируемой точке, а не в целом по секциям.
- упростится технический состав системы экспресс анализа за счет исключения системы отбора и доставки проб.
- снизить эксплуатационные затраты и снизить требования к квалификации обслуживающего персонала и др.

Заклучение по выбору типа пульпового анализатора:

1. Перспективным типом анализатора для технического перевооружения автоматизированной системы управления технологическим процессом на ОФ

"Эрдэнэт" является анализаторы Amdel-ISA (Австралия).

2. Развитие аналитической техники экспресс анализа.

Одним из наиболее перспективных в современности стало применение ядерно-физических методов анализа состава руд и продуктов горнодобывающих предприятий. Ядерно-физические методы анализа привлекают своей экспрессностью, бездеструктивностью и точностью, в связи с чем их все чаще используют в промышленности, медицине, геологии, криминалистике и др.

Для экспрессного определения основного компонента медно-молибденовых руд и концентратов СП "Эрдэнэт", с самого начала традиционно использовались рентгенорадиометрические аппаратуры с волновой дисперсией. (КРФ-13 и КРФ-18 производства бывшего СССР)

С развитием современной полупроводниковой и электронной технологии созданы кремниеволитиевые детекторы с высоким энергетическим разрешением (~ 170 эВ на $5,9$ кэВ $MnK\alpha$ линии) для спектрометров рентгеновских лучей и электроники ЭД РФА.

В лаборатории ядерных исследований Монгольского госуниверситета, с 1977 года проводятся исследовательские работы по разработке методики определения элементного состава медно-молибденовых руд и технологических продуктов обогащения СП "Эрдэнэт".

Для определения химического состава медно-молибденовых руд, товарных продуктов (Cu, Mo-концентратов) и отвальных хвостов использованы рентгено-флуоресцентные спектрометры с $Si(Li)$ детектором и радиоизотопными источниками [$Fe-55$ (20 мКи), $Cd-109$ (20 мКи), $Am-241$ (30 мКи)] [1, 3].

А также опробованы нейтронный и фотоноактивационные методы для исследования основных и сопутствующих элементов в товарных продуктах СП "Эрдэнэт" [2, 4].

Энергодисперсивный РФА является сравнительно дешевым аналитической техникой с достаточно высокой чувствительностью (0,001-0,0001%). В таблицах 1, 2, 3 даны результаты ядерно-физических методов анализа медно-молибденовых руд и их продуктов СП "Эрдэнэт" на период 1980-81 годов.

В результате этих исследований в медных концентратах определены такие элементы как $Ag\ 62\pm 7$ г/т и $Au\ 1-5$ г/т, в молибденовом концентрате $Re\ 500-600$ г/т. А также для оценки возможности (PIXE) протонфлуоресцентной техники проведен анализ в товарных продуктах конца 1996 года и результаты показаны в таблице 4 и рентгенофлуоресцентный спектр медного и молибденового концентратов даны в рисунках 4, 5.

Среднее содержание элементов медно — молибденовых
руда СП "Эрдэнэт". (1981 года)

Таблица. 1а

Элементы	Содержание в процентах	
	ЯФМ *	другие методы
Cu	0,82 (26)	0,82 (1)
Mo	0,019 (2)	0,017 (1)
Fe	3,03 (2)	(2,786)
As	0,0215 (15)	(0,0186)
B	0,0025 (5)	(0,0025)
Ca	1,14 (2)	(1,15)
Mg	0,46 (2)	(0,43)
Na	0,20 (2)	(0,21)
Pi	0,25 (2)	(0,282)
Mn	0,012 (1)	(0,015)
Cr	0,0022 (2)	(0,0020)
Ni	0,0019 (3)	(0,0024)
Zn	0,011 (1)	(0,0129)
Co	0,0016 (3)	-----
Pb	0,0089 (5)	(0,00774)
Zr	0,014 (2)	(0,0100)
Rb	0,0081 (11)	(0,0078)
Ce	0,0052 (9)	(0,0044)
Nb	0,0016 (6)	(0,0013)
N	0,0027 (9)	(0,0030)
Ba	0,101 (14)	(0,0890)
Sr	0,0214 (25)	(0,0177)
Gh	0,0004 (1)	(0,00033)
I	0,0003 (1)	(0,000298)

Замечание: в скобках дана погрешность последних цифр;

*ЯФМ — ядерно — физический метод

Таблица 18

Среднее содержание элементов отвального хвоста
СП "Эрдэнэт". (1981 года).

Элементы	Содержание в процентах	
	ЯФМ *	Другие методы
Cu	0,128 (8)	0,115 (5)
Mo	0,0083 (10)	0,0070 (7)
Fe	3,00 (8)	2,73 (14)
As	0,0048 (1)	(0,0047)
Sb	0,00070 (11)	-----
Na	1,36 (7)	(1,29)
Mg	0,41 (4)	-----
Ca	0,408 (29)	-----
Ti	0,26 (9)	-----
Mn	0,0087 (2)	-----
Cr	0,0018 (4)	(0,0022)
Ni	0,0021 (5)	(0,00165)
Zn	0,0075 (11)	(0,0068)
Pb	0,0079 (5)	(0,0051)
Zr	0,0165 (15)	(0,0149)
Rb	0,0085 (15)	(0,0080)
Ce	0,0036 (5)	-----
Y	0,0006 (1)	-----
Nd	0,0003 (2)	-----
W	0,0009 (4)	(0,0016)
Ba	0,14 (3)	-----
Sr	0,021 (2)	(0,0368)
Th	0,00020 (5)	-----
U	0,00010 (5)	-----

Примечание: в скобках дана погрешность последних цифр.

* ЯФМ — ядерно — физический метод

Таблица. 2

Среднее содержание основных и сопутствующих элементов
медного концентрата СП "Эрдэнэт".
(товарный продукт 1981 года)

элементы	Содержание в процентах	
	ЯФМ *	другие методы
Cu	31,87 (36)	32,0 (2)
Mo	0,13 (2)	0,14 (1)
Fe	19,6 (3)	19,8 (6)
Zn	0,125 (12)	0,15 (1)
Pb	0,016 (2)	0,014 (1)
As	0,28 (5)	-----
Sb	0,037 (7)	(0,040)
Se	0,0085 (3)	0,0077 (4)
Te	0,0010 (8)	0,0008 (3)
Zr	0,0042 (9)	(0,0040)
Ag	0,0062 (4)	0,0066 (2)
Au	« 0,0005	(0,00001 - 0,0002)
Ni	0,0061 (4)	-----
Co	0,0081 (6)	-----
Ge	0,0009 (2)	-----
Kg	0,016 (5)	-----

Таблица. 3

Среднее содержание основных и сопутствующих элементов
молибденового концентрата СП "Эрдэнэт".
(товарный продукт 1981 года)

элементы	Содержание в процентах	
	ЯФМ *	другие методы
Mo	51,50 (15)	51,6 (2)
Cu	1,29 (6)	1,35 (3)
Fe	0,056 (8)	0,050 (6)
S	0,038 (6)	(0,04)
Pb	0,0028 (4)	-----
As	0,020 (5)	(0,019)
Se	2,37 (5)	(2,40)

Замечание: в скобках дана погрешность последних цифр;

* ЯФМ — ядерно-физический метод

Таблица 4

Результаты протон флуоресцентного анализа основных и
сопутствующих элементов медно – молибденовых
концентратов СП "Эрдэнэт".
(товарных продуктов 1996 года)

элементы	содержание в единицах мг/кг					
	Mo концентрат		Cu концентрат		Cu концентрат	
Mg	493 +/-	335	2772 +/-	440	4244 +/-	483
Al	3161 +/-	252	10288 +/-	453	23193 +/-	639
Si	6976 +/-	261	23975 +/-	542	59932 +/-	968
P	5870 +/-	484	823 +/-	451	0 +/-	0
S	486402 +/-	3448	381264 +/-	4338	407562 +/-	475
Cl	0 +/-	0	338 +/-	599	545 +/-	60
K	2406 +/-	306	4117 +/-	247	9319 +/-	36
Ca	1800 +/-	281	4603 +/-	253	4825 +/-	27
Sc	115 +/-	181	0 +/-	0	116 +/-	15
Ti	0 +/-	0	964 +/-	195	1895 +/-	22
Fe	4580 +/-	212	232885 +/-	2610	230466 +/-	260
Co	100 +/-	74	0 +/-	0	0 +/-	0
Ni	16 +/-	27	0 +/-	0	0 +/-	0
Cu	3342 +/-	127	290191 +/-	3016	310988 +/-	323
Zn	120 +/-	40	4314 +/-	357	6743 +/-	40
Ga	0 +/-	0	0 +/-	0	0 +/-	0
As	30 +/-	31	4415 +/-	153	4551 +/-	15
Br	0 +/-	0	0 +/-	0	0 +/-	0
Rb	25 +/-	36	0 +/-	0	0 +/-	0
Sr	731 +/-	151	46 +/-	65	156 +/-	6
Zr	0 +/-	0	67 +/-	79	158 +/-	9
Mo	391233 +/-	7158	1334 +/-	266	435 +/-	18
Pb	147 +/-	100	0 +/-	0	831 +/-	46

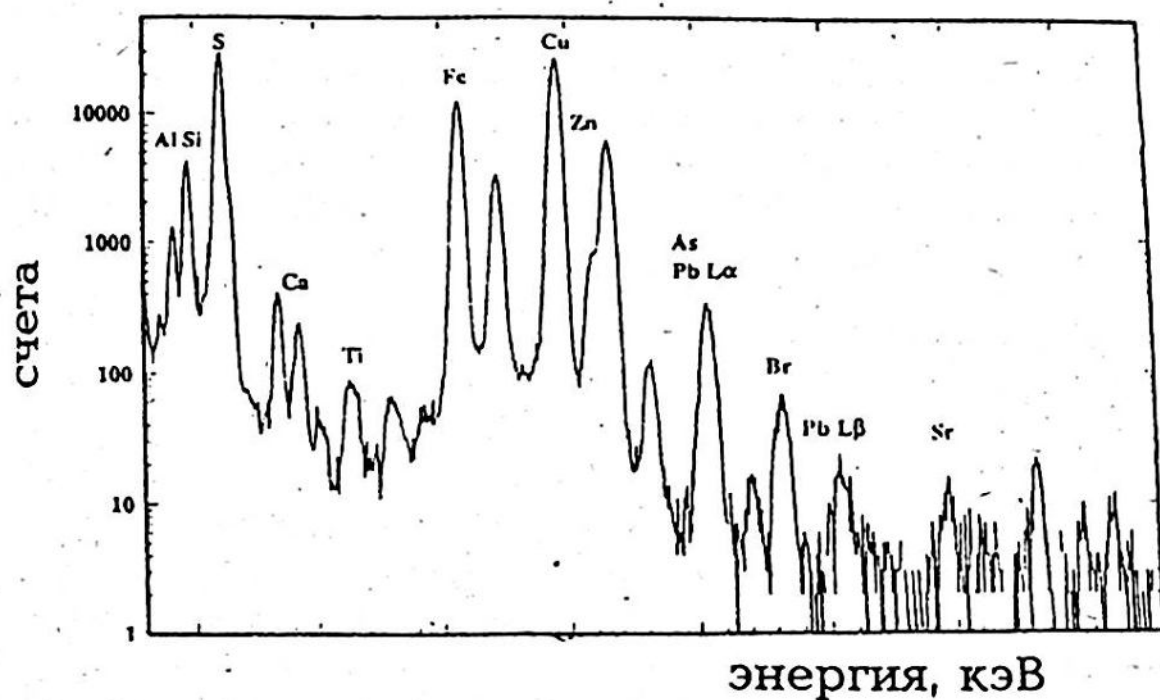


Рис.4 Рентгенофлуоресцентный спектр медного концентрата РХЕ анализа.

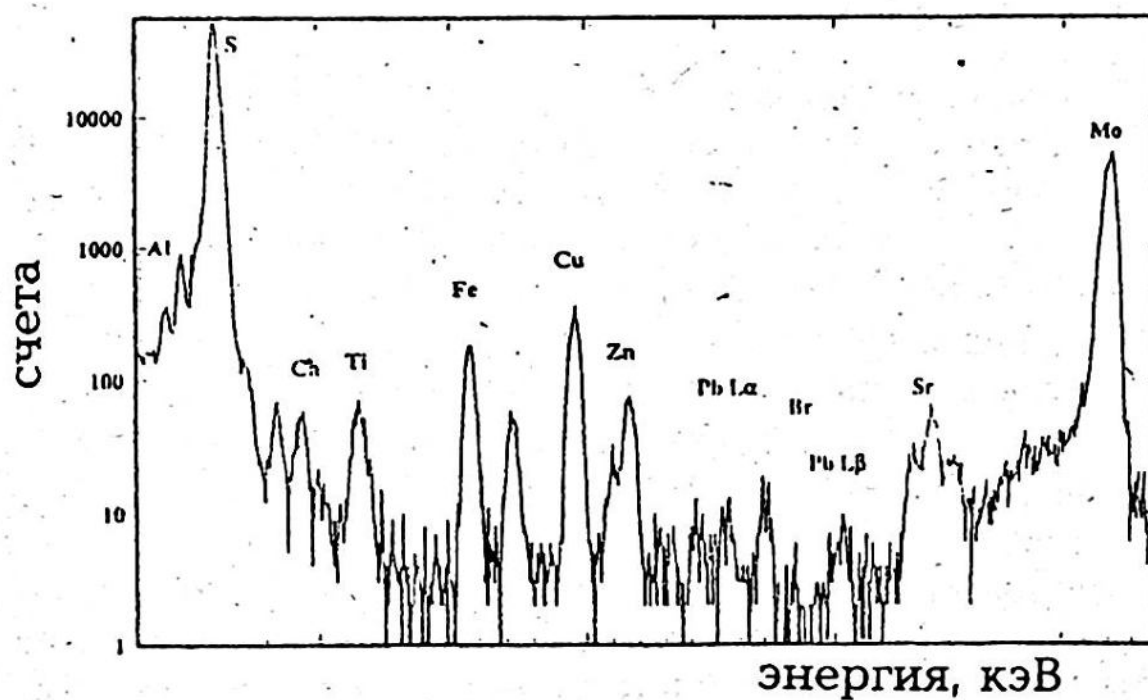


Рис.5 Рентгенофлуоресцентный спектр молибденового концентрата РХЕ анализа.

Заключение по выбору экспресс аналитической техники:

1. Перспективным для экспресс аналитической техники является энерго-дисперсивные рентгенофлуоресцентные спектрометры с полупроводниковым детектором. Спектрометры обычного ЭД РФА и ЭД РФА с полным отражением позволяют одновременно определять 10-элементов в рудах, отвальных хвостах и товарных продуктах СП "Эрдэнэт".

Товчлол

Энэ ажилд уул уурхайн "ЭРДЭНЭТ" үйлдвэрийн техникийн шинэчлэлттэй уялдуулан баяжуулах үйлдвэрлэлийн үйл явцыг автоматжуулах, экспресс лабораторийг шинэчлэх зорилгоор төхөөрөмжүүдийн тухай харьцуулсан судалгаа явуулав. Үйлдвэр энхнаасаа долгионоор задлах рентгенфлуоресценцийн анализын (РФА) багаж төхөөрөмж хэрэглэж байсан уламжлалыг хадгалан энергиэр ялгах РФА багаж төхөөрөмж бүхий орчин үеийн төгс автомат, компьютерийн удирдлагатай иж бүрэн систем нэвтрүүлсанад дэвшүүлж байна.

Литература

1. Ш.Гэрбиш, Н.Содном
Методика энергодисперсивного РФА для определения основных и сопутствующих элементов медно-молибденовых руд. Научные сообщения Монгольского Государственного Университета 1(54), 1978, Улаанбаатар, стр. 3-25.
2. Ш.Гэрбиш и др.
Многоэлементный гамма-активационный анализ медно-молибденовых руд и продуктов их переработки на микротропе. Препринт ОИЯИ, Р6-91-193, 1991г. Дубна, стр. 2-10.
3. Ш. Гэрбиш
Исследование и разработка ядерно-физических методов элементного анализа углей и природных минералов Монголии. Автореферат и диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, Дубна 1989 год.
4. Б.Отгоолой и др.
Нейтронно-активационный анализ вольфрамитов и медно-молибденовых концентратов с использованием надтепловых нейтронов
Препринт ОИЯИ. 18-81-819, 1981г. Дубна