

## ТЕСТИРОВАНИЕ ПЕРЕНОСНОГО РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОГО СПЕКТРОМЕТРА THERMO NITON XL3t 500S GOLDD

*Н. Е. Сыздыков, В. И. Тэн, С. А. Ефименко, Н. В. Ильяшенко*

*ТОО «Корпорация Казахмыс», г. Жезказган, serg\_yef@mail.ru*

В последнее время для элементного анализа руд и горных пород все шире используются приборы, использующие рентгенофлуоресцентный метод (EDXRF спектрометры), в том числе, носимые. Это обусловлено значительным прогрессом в развитии рентгеновской техники, достигнутым за последнее десятилетие. Появились и стали легкодоступными электроохлаждаемые детекторы рентгеновского излучения на основе кремния с уникальными характеристиками: сначала PIN-детекторы, затем SDD-детекторы. Разработаны и выпускаются серийно миниатюрные излучатели с маломощными рентгеновскими трубками, обладающими высоким КПД. Невиданными темпами совершенствуется электроника: обыденными стали цифровые спектрометрические устройства, мощные микропроцессоры. Современные аккумуляторные батареи имеют небольшие габариты и массу при достаточно большой емкости [Баранов и др., 2009].

Разработкой и серийным выпуском носимых EDXRF спектрометров занялся целый ряд приборостроительных фирм, главным образом, зарубежных. И результаты не заставили себя ждать: ассортимент рынка переносных рентгенофлуоресцентных EDXRF спектрометров заметно расширился. Эти спектрометры через выставки и научные конференции активно продвигаются на рынки России и Казахстана менеджерами многочисленных фирм-дистрибьюторов. Тактика агрессивного менеджмента приносит свои плоды: неподготовленные специалисты горных предприятий часто лоббируют у себя заказ носимых EDXRF спектрометров. А действительно ли так хороши носимые EDXRF спектрометры?

В рекламных проспектах зарубежных фирм можно прочесть о том, что носимые EDXRF спектрометры могут с успехом применяться и для опробования руд в условиях естественного залегания и в отбитой горной массе. Но это не более чем декларация. В работе [Баранов и др., 2009] дана аргументация такому утверждению. В частности, сказано, что на зарубежных горнодобывающих предприятиях, в США в особенности, не принято опробовать руды в условиях естественного залегания – там предпочитают массовый отбор проб с последующим анализом последних в лабораторных условиях. Американские горняки также избегают подземного способа добычи руды. В России и Казахстане подземный способ добычи широко распространен. Не последнее значение в выборе способа разработки месторождений имеют и суровые климатические условия в основных горнорудных районах. Руду необходимо опробовать на месте, непосредственно на месторождении, в естественном залегании, или отбитую руду в отвалах, транспортных емкостях и без какой-либо предварительной пробоподготовки. В таких условиях у носимых EDXRF спектрометров безусловно нет альтернативы.

Следует иметь в виду, что носимые EDXRF спектрометры, представленные сейчас на рынке, изначально разрабатывались под задачу экспресс-анализа сталей и сплавов, которые имеют постоянную структуру, элементный и валовый состав (гомогенные среды с ровной поверхностью). Отсюда и малое (до 10 мм в диаметре) пятно видимости детектора на исследуемой поверхности, при котором достигается более высокая чувствительность метода. Сейчас же началось продвижение EDXRF спектрометров в цветную металлургию, где исследуемая среда является преимущественно гетерогенной, поверхность – далеко не ровная, а концентрации элементов в соседних точках наблюдений могут отличаться в десятки раз. Очень убедительную аргументацию в подтверждение сказанному на примере носимого EDXRF спектрометра Innov X Alpha Series дали

авторы работы [Новоселов и др., 2008]. При столь малом диаметре пятна видимости носимого EDXRF спектрометра и высокой контрастности руд, получить представительные результаты опробования можно только путем существенного сгущения сети наблюдений, что резко снижает производительность ядерно-геофизического опробования и оно, зачастую, становится экономически не выгодным.

Все сказанное выше не имеет конечной целью поставить шлагбаум на пути использования носимых спектрометров в цветной металлургии: просто расставлены объективные акценты и сделаны необходимые предупреждения будущим пользователям.

Хороший EDXRF спектрометр должен быть оснащен высокоэффективным идентификатором аналитических линий элементов. Тестирование работы идентификатора линий следует проводить на образцах, содержащих свинец и мышьяк, линии которых (PbL $\alpha$  и AsK $\alpha$ ) имеют одинаковые энергии (10.5 кэВ).

Таблица 1

**Результаты PPA ГСО руд с различных полиметаллических месторождений Казахстана (числитель – Niton XL3t 500S GOLDD, знаменатель – аттестованные содержания)**

ГСО	Тип руды (месторождение)	Содержание, % (*- ppm)							
		Cu	Pb	Zn	Ti (Ag*)	Mn (Cd*)	Fe	As (Sr)	Mo (Ba)
2887	Медистый песчан. (Жезказган)	0.493	0.036	0.018	0.251	0.135	2.83		
		0.55	0.037	0.011	0.32	0.113	2.86		
2888	Медистый песчан. (Жезказган)	1.40	0.111	0.032	0.252	0.142	2.82		
		1.55	0.103	0.023	0.29	0.120	2.92		
2889	Полиметаллическая (Жезказган)	2.71	1.79	0.751	0.24	0.122	2.56		
		3.16	1.90	0.80	0.264	0.106	2.64		
2891	Концентрат Cu (Жезказган)	31.60	2.42	2.05	(1130)	(170)	5.07		
		40.40	2.25	2.89	(707.7)	(290)	5.78		
3029	Медно-порфировая (Коунрад)	0.275			0.206	0.085	3.02		0.080
		0.30			0.25	0.060	3.11		0.086
3030	Скарновая Cu-Mo (Саяк-3)	0.342			0.22	0.313	12.26		0.321
		0.39			0.32	0.310	13.84		0.38
3031	Скарновая Cu-Mo (Саяк-3)	2.76			0.060	0.254	12.92		0.145
		3.37			0.114	0.256	15.17		0.18
3032	Скарновая Au-Co (Саяк-4)	0.519			0.043	0.571	18.15	3.40	
		0.58			0.064	0.543	20.20	5.10	
1434	Барит-полиметалл. (Миргалимсай)	0.285	2.53	0.051	–		0.87	(0.552)	(31.37)
		0.35	3.44	0.060	(78.0)		1.14	(0.87)	(43.02)
3593	Полиметаллическая (Майкаин)	0.85	0.253	4.30	–	–	9.94	0.053	(5.099)
		0.99	0.27	4.63	(20.9)	(163)	13.30	0.080	(6.80)
3594	Полиметаллическая (Майкаин)	3.37	0.295	1.99	–	–	25.78	0.10	(9.896)
		4.16	0.34	2.25	107.0	(75.0)	32.70	0.18	(10.70)
3595	Полиметаллическая (Майкаин)	1.89	0.113	0.738	–	–	28.90	0.079	
		2.15	0.13	0.81	36.7	(52.3)	41.36	0.120	
3596	Колчед.-барит-полимет. (Майкаин)	9.86	0.516	0.923	–	–	10.58	0.747	
		13.10	0.56	1.22	(155.4)	(52.5)	14.08	1.21	
6586	Барит-полиметалл. (Жайрем)	0.014	3.35	0.040	–		1.21	(0.006)	
		0.013	3.50	0.045	19.0		2.03	(0.010)	
6588	Барит-полиметалл. (Жайрем)	0.01	1.48	3.88	–	–	2.05	(0.467)	
			1.57	4.68	(13.7)	(130)	3.67	(0.69)	
6587	Барит-полиметалл. (Жайрем)	0.029	2.27	2.15	–	(110)	2.11	(0.021)	(23.90)
		0.019	2.86	2.72	(60.2)	(120)	2.50	(0.029)	(33.60)

В геофизической службе ПО «Жезказганцветмет» (ТОО «Корпорация Казахмыс» проведено тестирование носимого рентгенофлуоресцентного спектрометра Thermo Niton XL3t 500S GOLDD фирмы Thermo Scientific Incorporation, любезно предоставленного ТОО «СиСиЭс Сервис Центральная Азия» (г. Алма-Ата) – эксклюзивного дистрибьютора продукции Thermo NITON на территории России и стран СНГ. Тестирование проводилось в условиях дефицита времени. Спектрометр оснащен миниатюрной рентгеновской трубкой 4 поколения (Au-анод, 50 кВ, 40 мкА) и новейшей технологией GOLDD (Geometrically Optimized Large Area Drift Detector), представляющей собой геометрически оптимизированный дрейфовый детектор большой площади с допустимой импульсной загрузкой до 200000 имп/сек и отношением сигнал/шум – 4000/1. Электроника: ЦП 533 мГц, 300 МГц сопроцессор, 80 мГц ЦСП ACICS для обработки данных, 4096 каналный МСА, 32МБ внутренней системной памяти, 128 МБ для хранения данных (более 10000 спектров, измерений, изображений). Дисплей – встроенный наклоняющийся цветной сенсорный. Передача данных – интерфейсы USB, Bluetooth, RS-232). Питание – 2 литий-ионные аккумуляторные батареи на 6–8 часов работы каждая. Вес – менее 1.3 кг. Размеры – 244×230×95.5 мм. Режимы измерений: исследовательский (для анализа проб на 32 элемента с валовым содержанием элементов <1 %) и рудный (быстрое определение 32 элементов с валовым содержанием >1 %). Стандартный набор одновременно определяемых элементов в исследовательской режиме: Ba, Cs, Te, Sb, Sn, Cd, Ag, Pd, Zr, Mo, Sr, U, Rb, Th, Pb, Se, As, Hg, Zn, W, Cu, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, Ti, V, Sc, Ca, K, S; в рудном режиме: Ba, Sb, Sn, Cd, Pd, Ag, Mo, Nb, Zr, Sr, Rb, Bi, Se, As, Au, Pb, W, Zn, Cu, Re, Ta, Hf, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, V, Ti, Ca, K, S, а также Ba1 – сумма определенных элементов.

Тестирование спектрометра проводилось по следующей программе: на спектрометр устанавливалась кювета с государственным стандартным образцом (ГСО) руд полиметаллических месторождений Казахстана (дном кюветы была майларовая пленка), выполнялся рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) с экспозицией измерений 15 секунд. Никакой предварительной адаптации программного обеспечения спектрометра Niton XL3t 500S GOLDD к ГСО не производилось. Результаты исследований приведены в таблице 1.

### Выводы

1. Спектрометр Niton XL3t 500S GOLDD в целом успешно прошел испытания «вслепую». Ясно, что после адаптации программного обеспечения к казахстанским ГСО, точность РФА кардинально улучшится.

2. Тест на «Pb – As» (ГСО – 3032) пройден успешно: присутствие мышьяка в больших количествах не привело к «ложной» аномалии свинца. Аналогичный тест на ГСО – 3596 также пройден успешно.

3. Даже при экспозиции измерений 15 секунд спектрометр определил серебро (ГСО – 2891) и кадмий (ГСО – 2891, ГСО – 6587).

4. Спектрометр Niton XL3t 500S GOLDD наиболее адаптирован к опробованию полиметаллических руд Казахстана по сравнению с другими спектрометрами данного класса.

### Литература

*Баранов А. Н., Марков А. П., Смирнов А. А., Тузов Ю. В.* Оперативный элементарный анализ металлосодержащих природных и техногенных материалов // Георазрез. Дубна, 2009. Вып. 1. С. 1–9.

*Новоселов К. А., Белогуб Е. В., Аминов П. Г., Блинов И. А., Удачин В. Н., Хворов П. В.* О результатах тестирования мобильного рентгенофлуоресцентного анализатора Innov X. Информационный отчет // Миасс: ИМ УрО РАН, 2008. 24 с.