

Аналитика без компромиссов*

О. В. Шестак¹, М. А. Горбачев¹

УДК 543.4

Компания «ИнПроТех» с 2015 года занимается комплексным оснащением лабораторий: аналитических, экологических, исследовательских, технологических и ОТК. С момента основания клиентами и партнерами компании стали представители горнодобывающей, нефтегазовой, фармацевтической, аграрной и пищевой отраслей промышленности. Поставляемое оборудование и комплексные решения успешно применяются ведущими в своих секторах предприятиями. Приоритетным направлением компании «ИнПроТех» является золотодобыча и пробирно-аналитические лаборатории (ПАЛ), которые вносят неоспоримый вклад в обеспечение максимального извлечения благородного металла из руды. В статье основное внимание уделено подходу «ИнПроТех» к оснащению ПАЛ, что, однако, не исключает готовности расширять взаимодействие по другим направлениям.

Ключевые слова: пробирно-аналитические лаборатории, пробоподготовка, плавильные печи, аналитические весы, атомно-абсорбционный спектрометр, элементный анализ, лабораторное оборудование



«Мировая обстановка диктует свои правила для бизнеса, уничтожая его бесконечными санкциями и ограничениями. Миссией компании „ИнПроТех“ всегда было, остается и будет повышение конкурентоспособности предприятий горнодобывающего сектора путем передачи им ведущих мировых технических и технологических решений.»

«Позиция „ИнПроТех“ остается неизменной, мы продолжим разрабатывать новые цепочки поставок, находить новых партнеров и единомышленников, открывать филиалы по всему миру. „ИнПроТех“ не приемлет диверсификации на доступные для российского рынка решения, а ежедневно работает над сохранением и преумножением своих активов. Гарант стабильной деятельности предприятий добывающего профиля для нас не просто слоган, а достигнутый результат команды, объединенной идеей и общими ценностями.»

К. т. н., генеральный директор А. В. Першина

* На правах рекламы, публикуется в авторской редакции.

¹ ООО «ИнПроТех», info@enprotech.ru

Пробирный анализ – один из основных методов определения золота, который применяется в большинстве лабораторий золотодобывающих предприятий. Определение золота в горных породах, рудах и продуктах их переработки пробирным и пробирно-атомно-абсорбционным методами позволяет выявлять золото при очень низких его содержаниях – от 0,005 г/т.

Добыча полезных ископаемых – трудный и ресурсозатратный процесс, где взаимосвязано все. Производительность предприятия во многом зависит не только от количества добытой породы, но и от быстрой и слаженной работы пробирно-аналитических лабораторий (ПАЛ), где немало важную роль играет приборное оснащение.

Подготовка пробы

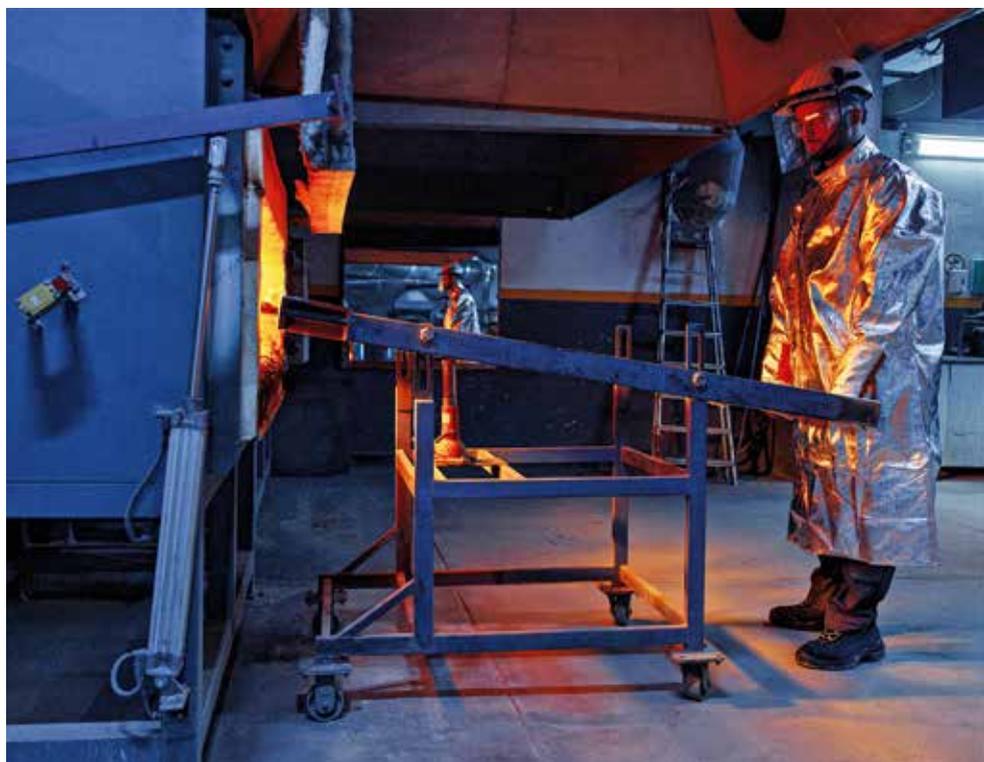
Горнодобывающая отрасль предъявляет высокие требования к надежности и эффективности процессов пробоподготовки. Любая проба, которая поступает в ПАЛ, должна быть высушена и подготовлена к дальнейшей обработке. Так, для лабораторий высокой производительности фаворитами становятся сушильные шкафы Alsto и Essa (Австралия), а для меньших объемов проб – Binder (Германия).

Следующим этапом пробоподготовки является получение материала аналитической крупности. Необходимая степень измельчения аналитических проб золотосодержащих руд установлена в стандартных отраслевых методиках по определению золота в горных породах, рудах и продуктах их переработки пробирным и пробирно-атомно-абсорбционным методами, где предусмотрено использование аналитических проб, измельченных до крупности зерна 0,071 (0,074) мм. На практике на отечественном оборудовании это может быть достигнуто в несколько этапов, включающих в себя дробление до 1–2 мм в щековой дробилке, дробление с применением валковой дробилки с получением продукта крупностью до 0,5 мм и истирание в вибрационных истирателях до аналитической

крупности 0,071–0,074 мм. На текущий момент такое оборудование имеет относительно невысокую производительность и степень дробления, а также ограничения по прочности обрабатываемых материалов.

Альтернативным техническим решением, зарекомендовавшим себя на рынке, является оборудование Rocklabs (Новая Зеландия). Линия пробоподготовки, представленная щековой дробилкой с непрерывным сократителем Boyd Elite RSD, непрерывной кольцевой мельницей с делителем CRM-RSD и кольцевой мельницей RM1000/2000, демонстрирует высокую степень измельчения за счет предусмотренных конструкцией двух подвижных щек дробилки и возможности выбора размольной гарнитуры кольцевых мельниц для истирания руд и пород различной твердости до 9–9,5 баллов по шкале Мооса. Опыт действующих ПАЛ показывает, что одна линия пробоподготовки Rocklabs позволяет обрабатывать порядка 120–130 проб в сутки. Практика применения вселяет уверенность в качестве получаемых проб, отсутствии контаминации от изнашиваемых элементов и, что немаловажно, в выполнении плана по обработке заданных объемов руды.

В горнодобывающей индустрии каждый шаг должен быть уверенным. Выбор проверенного оборудования – это инвестиция в долгосрочную устойчивость и успешное развитие.





Тигельная плавка и купелирование

Основой пробирного анализа является концентрирование драгоценных металлов с использованием тигельного или шерберного плавления и дальнейшего купелирование.

При выборе печей наиболее важны следующие показатели: максимальная рабочая температура, источник топлива, плановая производительность, вид загрузки, временные затраты на обслуживание, типоразмер используемых тиглей.

Для проведения тигельной плавки и купелирования полученных проб компания «ИнПроТех», на правах официального эксклюзивного дистрибьютора, рекомендует печи Morgan Advanced Materials Furnace Industries австралийского производства.

Важнейшими преимуществами печей Morgan являются наличие цельного муфеля внутри кладки, а также горизонтальная загрузка печи.

Наличие цельного муфеля способствует сокращению сроков простоя при проведении обслуживания: на замену муфеля камеры печи потребуются всего около суток. Муфель, сменная плитка и трубка принимают на себя негативное воздействие от плавящейся пробы, защищая основную кладку печей. Горизонтальный способ загрузки печи, в свою очередь, способствует удобной и безопасной работе оператора.

К положительным особенностям печей Morgan также можно отнести быстросменные нагревательные элементы, которые не требуют проведения разборки печи, и вариативность исполнения под тот тип энергоносителя, который доступен в конкретной лаборатории, будь то электричество, газ (природный / сжиженный) или дизельное топливо.

Большое внимание производителя уделено сопутствующей продукции. Она образует своеобразную

«экосистему», в которую, помимо печей, входит блок мультиразливки: столы для шихтования и отковки веркблея, тележки для розлива и горячих тиглей, загрузчик тиглей, матрица и прочие аксессуары. Система мультиразливки позволяет оператору загружать одновременно весь объем тиглей, установленных на матрицу, и безопасно выгружать их для розлива в изложницы. Производитель обеспечивает совместимость основного и вспомогательного оборудования без дополнительной адаптации или доработки.

Таким образом, техническое решение на базе Morgan способствует снижению рисков травмирования персонала лаборатории при разливе расплавленных проб и обеспечивает функционирование лаборатории с высокой производительностью. Установка одной плавления-купелиционной линии позволяет достичь производительности до 400 проб/сутки*.

Практика взаимодействия компании «ИнПроТех» с лидерами золотодобывающей отрасли доказывает надежность и удобство комплексных решений по оснащению пробирных лабораторий оборудованием Morgan Advanced Materials Furnace Industries.

Гравиметрическое (весовое) определение золота и серебра

Гравиметрическое окончание в пробирном анализе является классическим вариантом. Пробирным методом с гравиметрическим окончанием возможно определение содержания золота и серебра в диапазоне массовых долей золота от 0,2 до 100 г/т и серебра от 5,0 до 10,0 г/т. Для решения данной задачи необходимы весы электронные лабораторные с дискретностью 0,1 мкг первого (специального) класса точности по ГОСТ Р 53228-2008. В практике современных лабораторий для взвешивания королек и корточек используются микроаналитические весы MCA 2.7S-20RU-M производства Sartorius (Номер в ГРСИ РФ 79348-20) и Balance XPR2U/A производства Mettler Toledo (Номер в ГРСИ РФ 66497-17).

Принцип действия весов основан на использовании электромагнитной силовой компенсации, создаваемой системой автоматического уравновешивания. Программное обеспечение весов встроенное

* Расчет произведен для электрической тигельной печи EMF-E, Morgan Advanced Materials с системой мультиразливки с загрузкой на 25 тиглей типоразмеров 55-65 г.

и заложено в микроконтроллерах весов в процессе производства.

Конструктивно микроаналитические весы состоят из взвешивающего модуля, отдельного электронного модуля терминала. Они оснащены ветрозащитной витриной, что позволяет получать точные результаты, минимизируя внешнее воздействие окружающей среды.

Спектральное окончание пробирного анализа

Возможность завершения пробирного анализа гравиметрическим методом имеет свои ограничения по применению, обусловленные минимальным пределом взвешивания весов. Наиболее распространенным методом завершения пробирного анализа благородных металлов с концентрацией золота менее 1,0 г/т является атомная спектроскопия (ААС, ИСП-АЭС).

Современные приборы позволяют определять самые незначительные количества вещества в растворах, что открывает возможности для переработки руд, ранее считавшихся забалансовыми. Потребность лаборатории в оборудовании для спектрального анализа успешно удовлетворяется ассортиментом компании Perkin Elmer (США), одного из старейших и наиболее опытных производителей в этой области. В своих проектах компания «ИнПроТех» предлагает атомно-абсорбционные спектрометры серии PinAAcle (например, PinAAcle 500; номер в ГРСИ РФ 64075-16) и эмиссионные спектрометры с индуктивно связанной плазмой серии Avio (например, Avio 550; номер в ГРСИ РФ 84311-22).

Практика действующих лабораторий, эксплуатирующих спектрометры Perkin Elmer и приборы-аналоги, показывает, что приборы Perkin Elmer являются одними из лидеров по производительности среди оборудования для спектрального анализа не только в горнодобывающей, но и во многих других отраслях промышленности.

Уверенность в результатах спектрального анализа, в свою очередь, обеспечивается применением стандартных и калибровочных растворов производства Perkin Elmer и Inorganic Ventures, хорошо известных специалистам спектральных лабораторий стабильностью и точностью химического состава.

Инфракрасная абсорбция

Минерально-сырьевая база рано или поздно истощается, привлекая все большее внимание к источникам минерального сырья, которые ранее считались

бесперспективными из-за сложности переработки руд. На сегодняшний день, в России и СНГ становятся популярными направления переработки ранее не востребуемых золотоносных руд.

Яркий пример – руды, в которых золото тесно ассоциировано с арсенопиритом и пиритом. Руды подобного минералогического строения непригодны к переработке классическим методом цианирования, а технология их переработки требует постоянного контроля концентраций сопутствующих серы и углерода.

В лабораторных условиях эти показатели контролируются анализаторами путем сжигания испытуемого образца в высокочастотной индукционной или трубчатой печи сопротивления в потоке кислорода с дальнейшим анализом образующихся газообразных соединений методом ИК-спектроскопии.

Для анализа рудных материалов с успехом используются модели CS-i и CS-d производства Eltra (Германия). Согласно данным производителя, анализаторы CS-i обеспечивают возможность измерения в навеске массовой доли углерода от $1 \cdot 10^{-5}$ до 12% и серы от $5 \cdot 10^{-5}$ до 40%, а для анализатора CS-d верхняя граница диапазонов равна 100%. При этом пределы допускаемой относительной погрешности измерений массовой доли элементов составляют в процентах:

- от $0,1 \cdot 10^{-4}$ до 0,001% включ. – ± 50 ;
- св. 0,001 до 0,01% включ. – ± 30 ;
- св. 0,01 до 1,0% включ. – ± 10 ;
- св. 1,0 до 100% – ± 3 .

На текущий момент задачи по анализу таких проб с успехом могут быть решены анализаторами Eltra, доказавшими свою надежность и высокую точность в измерениях в лабораториях ведущих предприятий России и стран СНГ.



QA / QC* со стандартными образцами состава руд

Обязательным элементом контроля качества аналитических работ по определению концентрации золота в рудах пробирным и пробирно-атомно-абсорбционными методами являются стандартные образцы (СО), включенные в состав аналитических партий проб геологического материала на различных этапах процесса: пробирное вскрытие, четырехкислотное разложение, царсководочное разложение, инфракрасная спектроскопия, термогравиметрия, ИСП-МС и др.

К стандартным образцам состава золотосодержащих руд предъявляются высокие требования. Согласно стандартным отраслевым методикам все СО должны быть близки по составу и содержанию золота к анализируемым пробам. Среди вариантов СО применительно к данным задачам можно выделить СО бренда OREAS (Австралия) (аккредитация по ISO 17034 и 9001), изготовленные на основе натуральных руд и горных пород, что позволяет подобрать наиболее близкие по составу исходных руд образцы и получить высокую сходимости результатов. Среди преимуществ СО OREAS производитель также выделяет: высокую точность аттестованных значений и их количество – до 179 аналитов в одном СО; богатый ассортимент различных типов руд – Au, Cu, Ag, Zn, Pb, Pt, Pd, Li, Sn, Mn, W, REE-Nb и др.; стабильность значений и высокий уровень однородности.

Степень однородности СО – ключевой критерий стабильности результатов многократных анализов на золото, что и требуется от стандартного образца как от эталона для контроля качества химико-аналитических работ. Высокая степень однородности достигается в результате применения производителем уникальных методик, в том числе измельчением рудных материалов до размеров частиц порядка 30 мкм и использованием смесительных установок, которые не имеют аналогов в мире.

OREAS подтверждает гарантию однородности всех производимых стандартных образцов, приводя в паспортах результаты тестов методом нейтронно-активационного анализа, беспрецедентного в мировой практике.

По этой причине компания «ИнПроТех» в работе со своими партнерами рекомендует применение

стандартных образцов OREAS для текущего контроля и обеспечения качества в процессах пробирного анализа.

Санкционные ограничения не являются абсолютным препятствием на пути пользователя к оснащению лабораторий качественным и хорошо знакомым оборудованием.

Вывод

Приведенная концепция может быть применена в рамках приборного оформления пробирно-аналитических лабораторий (ПАЛ), несмотря на актуальные вызовы и санкционные ограничения, диктуемые геополитической обстановкой.

Накопленный опыт работы в комплексном оснащении лабораторий и осведомленность об актуальных тенденциях в сфере золотодобычи позволяет всегда быть в курсе апробированных технических решений и новинок на рынке лабораторного оборудования. Использование проверенного оборудования обеспечивает воспроизводимость и сходимости результатов, что является ключевым критерием в сфере научных исследований и контроля показателей горнодобывающих операций. Представленные средства измерений сертифицированы и могут быть установлены в аккредитованных лабораториях.

Команда «ИнПроТех» преследует цель быть максимально объективными в своих суждениях и рекомендациях, по этой причине коллектив инженеров компании регулярно повышает свои компетенции, консультируясь с признанными экспертами в сфере лабораторного анализа и исследований.

Это открывает возможность для ознакомления с различными аспектами эксплуатации оборудования, необходимого при составлении единого рабочего комплекса, способного выдавать качественные результаты.

«ИнПроТех» – гарант стабильной деятельности предприятий добывающего профиля. Даже когда стабильности в мире мало.

Авторы / Authors

Шестак Ольга Вадимовна, ведущий инженер
Отдела проектирования и инжиниринга
Горбачев Михаил Александрович, ведущий инженер
Отдела технического сопровождения

Статья поступила в редакцию 11.03.2024
Принята к публикации 18.03.2024

* Quality assurance/quality control – обеспечение качества / контроль качества



КОМПЛЕКСНОЕ
ОСНАЩЕНИЕ
ЛАБОРАТОРИЙ

ИНПРОТЕХ

Направления деятельности

- Пробоподготовка
- Пробирный анализ
- Элементный анализ
- Стандартные образцы
- Химия и реагенты
- Лабораторные посуда и мебель
- Мобильные лаборатории
- Весоизмерительное оборудование
- Общелабораторное оборудование
- Моделирование производственных процессов

Лаборатории под ключ

- Аналитические
- Экологические
- Исследовательские
- Технологические
- Коммерческие

enprotech.ru +7 (812) 600 12 17

ПОСТАВКИ ЛАБОРАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВЕДУЩИХ МИРОВЫХ БРЕНДОВ



SARTORIUS

JKTech

AREAS

ELTRA
ELEMENTAL ANALYZERS



ROCKLABS

Nabertherm
MORE THAN HEAT SINCE 1957

Retsch

IKA

Rigaku

FRI TSCH