

Висновки. 1. Найбільш прийнятні показники збагачення руди Мазурівського родовища у відцентровому безнапірному концентраторі (вилучення Nb_2O_5 та ZrO_2 , масова частка ($ZrO_2 + Nb_2O_5$, досягаються при вмісті в руді мінералів проміжної густини (біотиту, егірину, гетиту) на рівні 4,8-5,2 %.

2. Вміст мінералів проміжної густини (біотиту, егірину, гетиту) на рівні 4,8-5,2 % забезпечується попередньою магнітною сепарацією руди, доподрібненої до крупності менше 0,2 мм, при напруженості магнітного поля 5,4-5,5 кЕ.

3. Магнітне фракціонування вихідної тонковкрапленої руди є перспективною технологічною операцією, яка дозволяє підвищити ефективність вилучення важких мінералів - пірохлору та цирконію, - у відцентровому полі.

Список літератури

1. **Зубков Л.Б., Прозорова М.В., Акоева Е.К.** и др. Оценка минерально-технологических перспектив комплексной переработки ниобий-циркониевых руд Октябрьского месторождения: Отчет о НИР / Гиредмет. – М., 1984. – 124 с.
2. **Тихонов С.А.** и др. Изучение вещественного состава и технологических особенностей 25 малообъемных проб руд Мазуровского месторождения: Отчет о НИР по теме 59/80-8 / ИМП. - Симферополь, 1985. - 125 с.
3. **Федотов К. В., Романченко А. А.** Механизм сепарации золотосодержащего минерального сырья в безнапорном сепараторе // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – Иркутск, 2003. - № 9. - С. 80-85.
4. **Орлов Ю. А., Афонсенко С. И., Лазариди А. Н.** Рациональное использование центробежных концентраторов при обогащении золоторудного сырья // Горный журнал. – М., 1997. - № 11. – С. 44-47.
5. **Huang, L.** Upgrading of Gold Gravity Concentrates a Study of the Knelson Concentrator. Ph.D Thesis / L. Huang. – Mc Gill University, 1999. – Pp. 319.
6. **Korpalkar, S.** Effect of Operating Variables in Knelson Concentrators: A Pilot-Scale Study. Ph.D Thesis / S. Korpalkar. – Mc Gill University, 2009. – Pp. 147.
7. **Заярный А. А.** Повышение эффективности обогащения труднообогатимых тантал-ниобиевых руд на основе центробежной сепарации (на рудах месторождения «Липовый Лог»): Дисс. ... канд. техн. наук: 25.00.13 / ЧГУ. – Чита, 2004. - 160 с.: илл., табл.
8. **Богданович А. В.** Разделение минеральных частиц в центробежных полях – обогатительные технологии будущего // Горный журнал. – М., 1997.- № 4. – С. 24-26.
9. **Фалей Е. А.** Исследование закономерностей и разработка технических решений турбулизационной центробежной сепарации минерального сырья: Дисс. ... канд. техн. наук: 25.00.13 / Уральский ГГУ. – Екатеринбург, 2014. – 175 с.: илл., табл.
10. **Романченко А.А.** Моделирование процесса центробежной сепарации золотосодержащего сырья: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.13 / ИГУ. – Иркутск, 2009. – 22 с.
11. **Шохин В. Н., Лопатин А. Г.** Гравитационные методы обогащения. – М.: Недра, 1993. – 350 с.
12. **Федотов К.В., Тютюнни В.В.** Обогащение в центробежных концентраторах: монография. – Иркутск.: Изд-во Иркут. гос. техн. ун-та, 2008. – 115 с.
13. **Шаповалов Г.М., Быков Ю.А.** и др. Изучение вещественного состава и разработка схемы обогащения пироклоро-цирконовых руд Октябрьского месторождения: Отчет о НИР по теме / ИМП. - Симферополь, 1968. - 155 с.
14. **Шпилевой К.Л., Шпилевой Л.В.** Повышение извлечения пироклора за счет совершенствования рудоподготовки // IX Конгресс обогатителей стран СНГ. 26-28 февраля 2013 г. Сб. материалов в 2-х томах. Т. 11. – М.: МИ-СиС, 2013. – С. 679-681.
15. **Петров И. М.** Повышение эффективности переработки и извлекаемой ценности редкометалльных руд на основе оптимизации параметров и глубины обогащения минеральных компонентов: Дисс. ... д-ра техн. наук: 25.05.13 / МГГУ. – М., 2002. - 390 с.: илл., табл.

Рукопис подано до редакції 221.03.15

УДК 622.7.09.543.52

А.Н. ГРИЦЕНКО, научный сотрудник, Криворожский национальный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ПОКАЗАНИЙ РУЧНОГО И КОМБИНИРОВАННОГО КАРОТАЖНОГО ЗОНДА ПРИ КАРОТАЖЕ БУРОВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН

Изложены результаты полевых испытаний разработанного ручного скважинного снаряжения для каротажа взрывных скважин при открытой добыче железных руд. Результаты каротажа сопоставлялись с данными каротажа по этим же скважинам каротажной станцией «Карьер-Кривбасс», зарекомендовавшей себя и эксплуатируемой на предприятиях Криворожского месторождения более 10 лет. Ручной каротажный зонд превосходит эксплуатируемую каротажную станцию мобильностью, высокой скоростью получения результатов измерений и снижением затрат физиче-

ского труда бригады каротажников. Для исключения влияния некорректной градуировки устройств, на точность показаний, а также отсутствием градуировочной зависимости в разработанном скважинном снаряде сопоставление проводилось по интенсивности, - величине, которая регистрируется датчиком. Полученные результаты были сопоставлены в табличном и графическом виде, что позволило получить градуировочную зависимость для ручного зонда по данным каротажной станции. В результате чего были сопоставлены показания содержания железа обеих устройств. После чего построен график сходимости этих величин, по которому можно сделать вывод, о том, что ручной скважинный снаряд обеспечивает точность каротажа, заявленную техническими характеристиками каротажной станции «Карьер-Кривбасс» и может заменить комбинированный каротажный зонд.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Для планирования качества горной породы, при открытой добыче, производится детальный каротаж по сети буровзрывных скважин, при этом определяется величина $Fe_{общ}$ с определенным шаром между точками измерения. На карьерах Кривбасса более 10 лет эксплуатируется каротажная станция «Карьер-Кривбасс», разработанная в проблемно-отраслевой, научно исследовательской лаборатории Криворожского национального университета. Детали каротажной станции за время эксплуатации потерпели механическому износу. Для дальнейшей бесперебойной эксплуатации станции необходимы значительные материальные затраты для её капитального ремонта.

С учетом многолетнего накопленного опыта научных работ, разработан макет зондового устройства, без применения устройства расклинивания зондового устройства между стенками скважины, что позволило осуществлять подъем зонда без применения лебедки.

Это повысит мобильность проведения каротажных работ на буровом блоке, облегчит работу бригады рабочих, выполняющих каротаж.

Изложение материала и результаты. После успешного проведения лабораторных испытаний на макете, было изготовлено макетное зондовое устройство с механизмом стабилизации зонда на необходимом расстоянии.

В условиях карьера «Северный» ПАО «ММК им. Ильича» проведены полевые испытания с использованием макета датчика, функциональная схема которого приведена на рис. 1.

Датчик предназначен для измерения величины интегрального потока (интенсивности) рассеянного гамма-излучения.

Датчик используется совместно с первичным измерительным преобразователем (ПИП), представляющим собой совмещенные кристалл-детектор гамма-излучения, преобразующий поступающие гамма-кванты в фотоны (кванты света), и фотоэлектронный умножитель (ФЭУ), преобразующий фотоны в импульсы электрического тока.

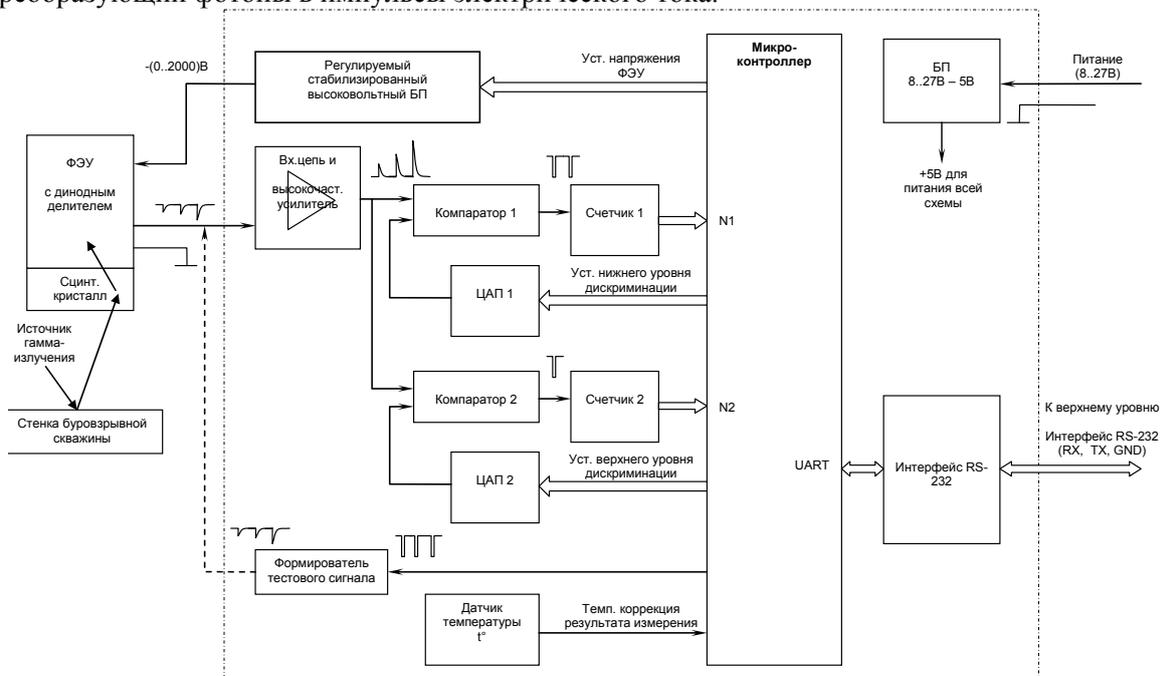


Рис. 1. Функциональная схема датчика

Основу датчика составляет микроконтроллер, который выполняет следующие функции:

измерение интенсивности (т.е. количества импульсов за определенное время измерения) по двум каналам (счетчик 1 и счетчик 2);

тактирование процесса измерения (точный отсчет времени измерения)

измерение температуры внутри корпуса датчика и температурную коррекцию результата измерения;

программно задает величину напряжения для питания ФЭУ;

программно задает уровни дискриминации (нижний и верхний) по двум каналам (счетчик 1 и счетчик 2, соответственно);

формирует тестовый сигнал для проверки датчика;

производит обработку команд, поступающего от верхнего уровня (протокол Modbus) и передачу данных на верхний уровень;

Принцип (алгоритм) работы датчика следующий. Сигнал с выхода ФЭУ представляет короткие импульсы тока различной амплитуды. Полярность импульсов - отрицательная. Импульсы поступают на входной высокочастотный усилитель, преобразующий их в импульсы напряжения, которые затем подаются на два идентичных канала сравнения и счета, состоящих из компаратора, цифроаналогового преобразователя (ЦАП) и счетчика.

В этих каналах производится сравнение амплитуды импульсов с некоторым уровнем, заданным программно с помощью ЦАП.

Если амплитуда входного импульса превышает заданный уровень – на выходе компаратора формируется прямоугольный импульс отрицательной полярности, который увеличивает значение счетчика на единицу.

После истечения заданного времени измерительный пульт отсылает по каротажному кабелю пакет запроса данных.

Получив его микроконтроллер зондового устройства вычисляет разницу импульсов между счетчиком 1 и счетчиком 2, формирует пакет данных и отсылает его измерительному пулту.

Внешний вид макета зондового устройства приведен на рис. 2.



Рис. 2. Внешний вид макета зондового устройства

Полевые испытания заключались в последовательном каротаже комбинированным зондом каротажной станции «Карьер-Кривбасс» и последующим каротажом этой же скважины макетом каротажного зонда.

Сопоставлялась тенденция изменений отраженного интегрального потока гамма-излучения.

Обобщенный алгоритм проведения каротажа ручным каротажным зондом приведен на рис. 3.

Перед началом каротажа, устанавливаются параметры шага каротажа (dh) и времени измерения (dt) на точке (блок 1).

При переходе на новую скважину зонд опускается в скважину до тех пор, пока он не достигнет ее забоя (на глубину h) (блок 2).

Если $h \neq 0$ (блок 3), запускается режим измерения (блоки 4,5).

При этом обнуляется значение счетчика импульсов, и запускается таймер измерения.

После этого начат счет импульсов N , приходящих с ФЭУ (блок 6).

Каждую секунду происходит прерывание, где инкрементируется переменная времени t (блок 7).

Затем сравнивается значение времени t с установленным временем измерения tk (блок 8).

Если значение переменной t не превышает tk то продолжается счет импульсов N и через секунду наступает новое прерывание, в противном случае, вычисляется значение Fe , как функции от N и калибровочных коэффициентов зонда (блок 9).

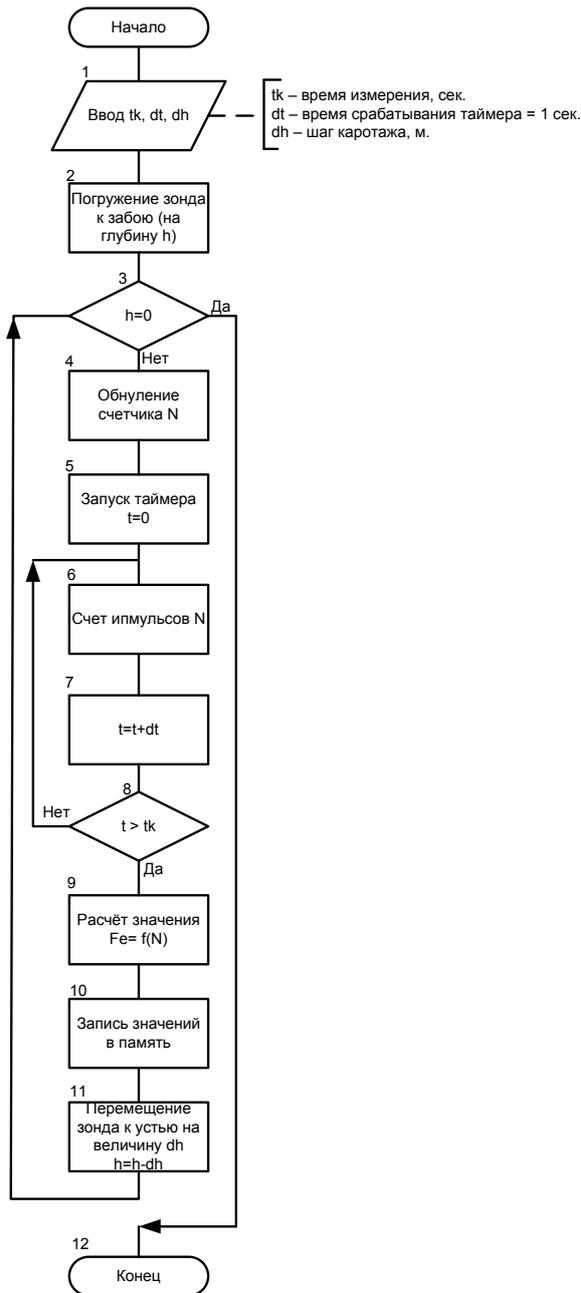


Рис. 3. Алгоритм каротажа

Интенсивность отличается за счет разных уровней чувствительности и напряжения питания фотоэлектронного умножителя, разной геометрии источник-детектор и различной активности источников ионизирующего излучения.

В результате сопоставления значений интенсивности по ручному зонду, и значений содержания полезного компонента по комбинированному, построен график зависимости этих значений, приведенный на рис. 6, и получено аналитическое выражение (1), при этом достоверность аппроксимации составляет 0,96.

$$Fe = 8 \cdot 10^{-11} \cdot N^3 - 2 \cdot 10^{-6} N^2 + 0,008 \cdot N + 48,016, \quad (1)$$

где Fe - содержание $Fe_{общ.}$, %; N - интенсивность интегрального потока зарегистрированного датчиком, имп/с.

Рассчитанные значения записываются в память (блок 10) и зонд поднимается по оси скважины на величину dh , после чего управление передается на блок 3, где проверяется глубина погружения зонда.

Результаты исследования приведены на графиках на рис. 4, 5.

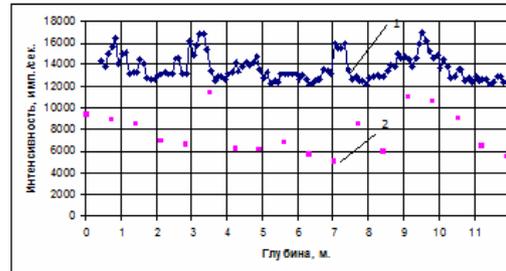


Рис. 4. График распределения измеренных интенсивностей скважины №11 по глубине: 1 - комбинированный каротажный зонд каротажной станции «Карьер-Кривбасс»; 2 - ручного каротажного зонда

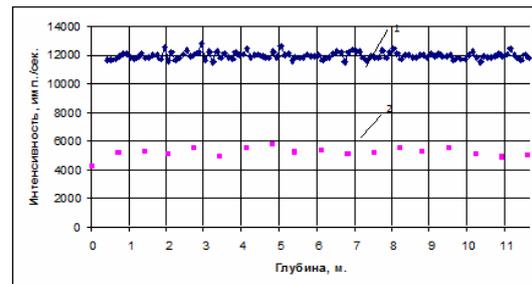


Рис. 5. График распределения измеренных интенсивностей скважины № 6 по глубине: 1 - комбинированный каротажный зонд каротажной станции «Карьер-Кривбасс»; 2 - ручного каротажного зонда

По графикам, приведенным на рис. 4,5 можно судить о сходимости изменения интенсивностей двух зондов.

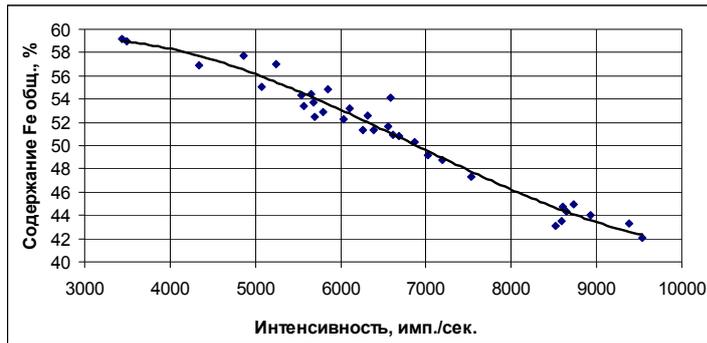


Рис. 6. График зависимости содержания Feобщ. от интенсивности интегрального потока ручного каротажного зонда

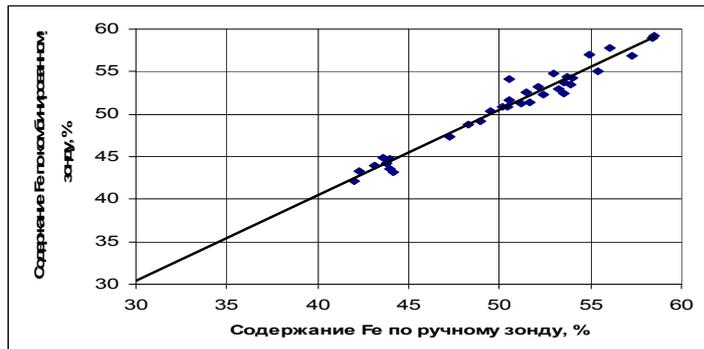


Рис. 7. График соответствия значений содержания комбинированного и ручного зонда

Из рис.7 можно судить о совпадении значений между зондами равномерно на всем диапазоне, с точностью, не превышающей заявленной в технических характеристиках каротажной станции «Карьер-

Кривбасс» и техническому заданию на разработку ручного каротажного зонда, и составляющей $\pm 1,5\%$.

Выводы и направление для дальнейших исследований. Исследовано взаимосвязь интенсивностей обеих каротажных зондов, что позволило получить коэффициенты калибровочного полинома для получения значений о содержании Fe_{общ.}

Рассчитаны и сопоставлены значения показаний комбинированного зонда каротажной станции и получены математически значения ручного каротажного зонда на этих глубинах.

Среднее квадратическое отклонение составило 0,93 % содержания железа общего.

Список литературы

1. Азарян А.А., Гриценко А.Н. Мобильная станция для каротажа взрывных скважин / Науковий висник Кременчуцького національного університету «Нові технології», 2011. - № 4. - С. 52-55.
2. Арцыбашев В.А. Гамма-метод измерения плотности. - М.: Атомиздат, 1965.
3. Балинова В.С. Статистика в вопросах и ответах / В.С. Балинова Учебн. пособ.. - М.: ТК. Велби, Изд-во Проспект, 2004. — 344 с
4. Воскобойников Г.М. Теоретические основы селективного гамма-гамма каротажа скважин / Г.М. Воскобойников // Изв. АН СССР. Сер. геофиз. № 3. (1957).
5. Гриценко А.Н. Черкасов А.В., Швидкий А.В. Методика обработки данных по каротажу / А.Н. Гриценко, Черкасов А.В., Швидкий А.В. // Качество минерального сырья, 2011 - С. 216-221.
6. Марюта А.Н., Младецкий И.К., Новицкий П.А. Контроль качества железорудного сырья / А.Н. Марюта., И.К. Младецкий, П.А. Новицкий // К.: Техника 1976. - 5 с.
7. Филиппов Е.М. Апаратура рапдиоактивного каротажа скважин / Е.М. Филиппов //Сб. «За технический прогресс в геологоразведочных и топографических работах» // Госгеолотехиздат, 1959.
8. Gebauer H. Atomkernenergie, H.4, p. 135-138.
9. Timur A., Fdvances in well logging - J.Petrole Technology, 1984, 34, # 6, p. 1181-1185.
10. Zielder C.A., Bird L.L., Chlek D.J. X-ray rayleigh scattering method for analisisof heavy atoms in low Z media/ «Analyt. Chem.», 1959, vol. 31. - № 11, p. 1794-1978.

Рукопись поступила в редакцію 04.04.15