

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»МРНТИ 31.23.15
УДК: 54.055DOI [10.53002/055](https://doi.org/10.53002/055)

Н.К.Апачиди, А.З.Бигалиева

*Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, Караганда,
Казахстан,
(E-mail: apachidi@bk.ru, bigalievaaalfija@gmail.com)*

Исследование содержания и количественная оценка редких и рассеянных элементов

Статья рассматривает методы определения содержания и количественной оценки редких и рассеянных элементов, содержащихся в техногенных отходах Казахстана, с акцентом на металлургические шлаки Жезказганского региона. Предлагается экологически безопасная и экономически эффективная технология прямого извлечения металлов с использованием механохимических процессов в планетарной мельнице. Технология не требует воды и химических реагентов, отличается высокой производительностью и низкими затратами. Проведены эксперименты по доизвлечению металлов, показавшие значительную эффективность метода. Анализ полученных концентратов демонстрирует высокий уровень извлекаемости ценных компонентов, что делает метод пригодным для широкого внедрения. Разработка позволяет решать не только задачи рационального использования минеральных ресурсов, но и экологической реабилитации промышленных зон, что особенно актуально для устойчивого развития региона.

Ключевые слова: редкие элементы, техногенные отходы, извлечение, шлаки, мельница, механохимия, концентрация, металл, переработка, экология.

Введение

Актуальность исследования содержания и количественной оценки редких и рассеянных элементов обусловлена несколькими факторами – рост промышленного спроса, развитие альтернативной энергетики, геополитическая значимость, экологические аспекты, совершенствование аналитических методов. Таким образом, исследование содержания и количественная оценка редких и рассеянных элементов имеет важное научное, экономическое и прикладное значение [1].

Существующие и широко применяемые в цветной металлургии способы переработки шлаков, хвостов обогащения введут значительного расхода энергоресурсов и низкой извлекаемости металла, а также по требованиям к охране окружающей среды не отвечает современным требованиям комплексной энергосберегающей технологией переработки минерального сырья.

К наиболее широко используемым технологиям в РК является кучное выщелачивание. Данный технологический процесс запрещен к использованию во многих странах ввиду его особой опасности для окружающей среды.

Выходом из создавшегося положения является разработка экологически чистой технологии с использованием положений механохимии.

Сырьевая база для осуществления данного технологического процесса более чем достаточно. Накопление техногенных отходов в РК началось осуществляться с середины 19 века и идет их накопление в настоящее время. Особенно интересны для переработки металлургические шлаки периода 1930-1955 годов Балхашского и Жезказганского медеплавильных заводов [1].

Материалы и методы исследования

Сырьевой базой для осуществления предлагаемой технологии служат исторические и современные продукты в виде шламов, шлаков, вскрышных пород, забалансовые руды в отвалах и складах. Для условий Казахмыс в зависимости от типа медной руды в суммарной стоимости доля

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

сопутствующих компонентов составляет от 24% до 50% или в денежном выражении 80\$...120\$ за тонну без учета стоимости меди. В случае организации собственного производства по переработке техногенных отходов в стоимость сырья будет нулевой. Стоимость извлеченного металла ориентировочно с учетом производственных затрат будет в пределах 200\$-250\$ с тонны.

Способ прямого извлечения металла из рудного и техногенного сырья заключается в сверхтонком помоле (порядок 80...125 микрон минеральной составляющей) с последующей воздушной и магнитной классификацией помольной среды с разделением металлической и минеральной составляющих.

Таблица 1

Информация о содержании металлов в металлургических шлаках Жезказганского металлургического комбината [2]

| Металл | Содержание металла г/тн | | | | Минимальное содержание в бедные руды | Комментарии |
|----------------|-------------------------|---------|------------|-------|--------------------------------------|-------------|
| | Шлак | % | Концентрат | % | | |
| 1.Медь Cu | 8075 | 0,85 | 198500 | 19,85 | 2000 | |
| 2.Свинец Pb | 12650 | 1,26 | 40000 | 4 | 1200 | |
| 3.Цинк Zn | 21075 | 2,1 | 36600 | 3,66 | 20000 | |
| 4.Серебро Ag | 12,375 | 0,0012 | 800 | 0,08 | 15 | |
| 5.Кадмий Cd | 17,75 | 0,0017 | 2800 | 0,28 | 20 | |
| 6.Молибден Mo | 123 | 0,0123 | | | 100 | |
| 7.Мышьяк As | 477 | 0,0477 | | | 1000 | |
| 8.Висмут Bi | 5,3 | 0,0005 | | | 500 | |
| 9.Барий Ba | 1575 | 0,1575 | | | 500000 | в сульфиде |
| 10.Железо Fe | 187425 | 18,74 | 29800 | 2,98 | | |
| 11.Марганец Mn | 1175 | 0,1175 | 800 | 0,08 | 100000 | |
| 12.Палладий Pd | < 0,1 | | | | | |
| 13.Кобальт Co | 1 | 0,00001 | | | 1000 | |
| 14.Никель Ni | 125 | 0,0125 | | | 1000 | |
| 15.Кальций Ca | 54650 | 5,465 | | | | |
| 16.Рений Re | 45 | 0,0045 | | | | |
| 17.Стронций Sr | 175 | 0,0175 | | | 10000 | в оксиде |
| 18.Цирконий Zr | 112 | 0,0112 | | | 4000 | в оксиде |
| 19.Селен Se | 3600 | 3,6 | | | 7000 | |
| 20.Хром Cr | 1225 | 0,1225 | | | | |
| 21.Сера S | 3800 | 0,38 | | | | |
| 22.Кремний Si | 152800 | 15,28 | | | | |

Помол осуществляется в планетарной мельнице. При этом помольная среда состоит из металлических конкреции и пылевидной минеральной части. Механохимические процессы при помолу в планетарной мельнице слабо изучены. Возможны проявления специфических эффектов.

Установлено, что наибольшая извлекаемость металлов из техногенного и рудного сырья достигается при помолу с тониной 80...125мкм [3].

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

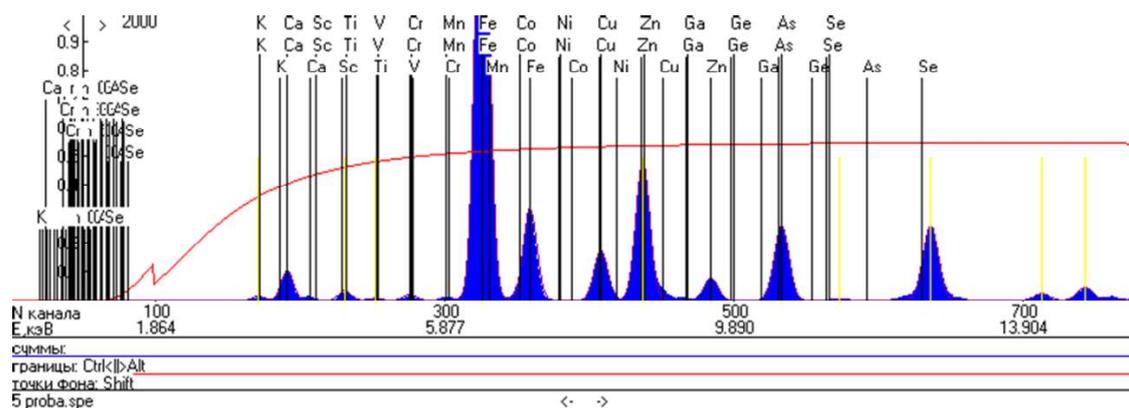


Рисунок 1 – Помол 80...125мкм

В получении полиметаллического концентрата из дешевого сырья по разработанной технологии имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с другими широко используемыми технологиями, в т.ч.:

- технология экологически чистая;
- не требуется наличие водных ресурсов, химических соединений в виде кислот, щелочей, катализаторов;
- технологический процесс осуществляется с высокой производительностью за счет резервирования основного технологического оборудования и короткого маршрута переработки;
- не требуется значительных капитальных затрат на сооружение производственных зданий и сооружений;
- основное технологическое оборудование возможно изготовить в условиях местных машиностроительных предприятий;
- предлагаемая технология является безотходной;
- решается ряд социально-экономических задач;
- очистка значительных территории от промышленных отходов и вовлечении их в сельскохозяйственный оборот [4].

Результаты и их обсуждение

Проведена серия экспериментов по доизвлечению металла из шлаков Константиновского шлакоотвала и шлаков Темиртауского завода цветного литья, Жезказганского металлургического комбината, показавших высокую эффективность предлагаемой технологии и высокую работоспособность планетарной мельницы.

Достоверность полученных результатов экспериментов гарантируется и обеспечивается наличием в лаборатории ЛИП НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова» современного научно-исследовательского оборудования лучших мировых производителей.

Получен Инновационный патент РК №2705 на изобретение «Планетарная мельница периодического действия». Подготовлена документация на оформление заявки на получение АС «Планетарная мельница непрерывного действия», «Способ прямого извлечения металла из рудного и техногенного сырья». Технология выставлялась на выставках, проводимых МНиВО РК, НАТР, ДАМУ. Научный проект рассматривался на Ученом Совете Евразийской Международной Академии Наук Экологии и Безопасности Жизнедеятельности и был рекомендован к широкому внедрению. Стоимость полученного полиметаллического концентрата по предлагаемой технологии ориентировочно будет составлять 200\$-250\$ с одной тонны сырья. Стоимость сырья при его покупке составляет в пределах 80\$-120\$ за одну тонну, при переработке на собственных производствах стоимость сырья нулевая. Срок окупаемости организации производства по прямому извлечению металла из рудного и техногенного сырья при производительности мельницы в 5 тонн в час составит не более 12 месяцев [5].

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

Заключение

Применение предлагаемой технологии является действенным способом решения экологических проблем, значительно снизить себестоимость выпускаемой продукции, т.к. ряд технологических процессов, таких как добыча рудного сырья, транспортировка и первичная переработка исключаются из общего технологического процесса, имеется ряд преференции по оплате различного вида налогов, резко повышается извлекаемость металла из рудного и техногенного сырья.

Товарная продукция в виде полиметаллического концентрата и порошка железа может быть непосредственно без подготовки использоваться в технологических процессах разделения на составляющей на основном производстве. Товарная продукция может пойти на рынок с высокой добавленной стоимостью [6].

Список литературы

1. Покидаев Д. Вторичное сырье: почему в Казахстане не подбирают деньги, лежащие под ногами // <https://kursiv.kz/news/kompanii-i-rynki/2018-05/vtorichnoe-syre-pochemu-vkazakhstan-ne-podbirayut-dengi>. 23.04.2018.
2. Коротаев В.Н., Слюсарь Н.Н., Жилинская Я.А. и др. Управление техногенными отходами. – Пермь: ПНИПУ, 2016. – 390 с.
3. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: Физматлит, 2007. – 416 с.
4. Падохин В.А., Зуева Г.А. Стохастические модели измельчения дисперсных материалов // Теоретические основы химической технологии. – 2009. – №5. – С. 586-594.
5. Zhang Y.F., Lu L., Yap S.M. Prediction of the amount of PCA for mechanical milling // Journal of Materials Processing Technology. – 1999. – Vol. 89-90. – P. 260-265.
6. Рипан Р., Четяну И. Неорганическая химия. – М.: Химия, 2003. – 360 с.

Н.К.Апачиди, А.З.Бигалиева

Сирек және шашыраңқы элементтердің мазмұнын зерттеу және сандық бағалау

Мақалада Қазақстандағы техногендік қалдықтарда, әсіресе Жезқазған өңірінің металлургиялық қождарында кездесетін сирек және шашыраңқы элементтердің құрамын анықтау мен сандық бағалау әдістері қарастырылады. Металлдарды механохимиялық әдіс арқылы планетарлы диірменде тікелей алу технологиясы ұсынылған. Бұл технология экологиялық тұрғыдан қауіпсіз, су мен химиялық реагенттерді қажет етпейді және өндіріс тиімділігі жоғары. Жүргізілген тәжірибелер әдістің жоғары тиімділігін көрсетті. Алынған концентраттардың талдауы бағалы компоненттердің жоғары деңгейде алынатынын дәлелдейді. Ұсынылған әдіс пайдалы қазбаларды ұтымды пайдаланумен қатар, өндірістік аймақтардың экологиялық жағдайын жақсартуға да ықпал етеді, бұл өңірдің тұрақты дамуы үшін маңызды.

Түйінді сөздер: сирек элементтер, қалдықтар, алу, қождар, диірмен, механохимия, концентрация, металл, өңдеу, экология.

N.K. Apachidi, A.Z. Bigaliev

Study of the Content and Quantitative Assessment of Rare and Dispersed Elements

The article explores methods for determining and quantitatively assessing rare and dispersed elements in Kazakhstan's technogenic waste, particularly metallurgical slags from the Zhezkazgan region. An environmentally friendly and economically viable technology is proposed for direct metal extraction using mechanochemical processes in a planetary mill. The technology

Раздел 5. «Химические и фармацевтические технологии. Безопасность жизнедеятельности»

is waterless, does not require chemical reagents, and is characterized by high efficiency and low operational costs. Experiments conducted on metal recovery confirmed the method's high effectiveness. The analysis of recovered concentrates revealed a high yield of valuable elements, demonstrating the feasibility of large-scale implementation. This development addresses both the rational use of mineral resources and the ecological rehabilitation of industrial zones, making it highly relevant for the region's sustainable development.

Keywords: rare elements, waste, extraction, slags, mill, mechanochemistry, concentration, metal, processing, ecology.

References

1. Pokidaev D. Vtorichnoe syr'e: pochemu v Kazakhstane ne podbirayut dengi, lezhashchie pod nogami // <https://kursiv.kz/news/kompanii-i-rynki/2018-05/vtorichnoe-syre-pochemu-vkazakhstane-ne-podbirayut-dengi>. 23.04.2018.
2. Korotaev V.N., Slyusar' N.N., Zhilinskaya Ya.A. i dr. Upravlenie tekhnogennymi otkhodami. – Perm': PNIPU, 2016. – 390 s.
3. Gusev A.I. Nanomaterialy, nanostruktury, nanotekhnologii. – M.: Fizmatlit, 2007. – 416 s.
4. Padohin V.A., Zueva G.A. Stohasticheskie modeli izmel'cheniya dispersnykh materialov // Teoreticheskie osnovy khimicheskoi tekhnologii. – 2009. – No.5. – S. 586–594.
5. Zhang Y.F., Lu L., Yap S.M. Prediction of the amount of PCA for mechanical milling // Journal of Materials Processing Technology. – 1999. – Vol. 89–90. – P. 260–265.
6. Ripan R., Chetianu I. Neorganicheskaya khimiya. – M.: Khimiya, 2003. – 360 s.