

ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ВОЛЬФРАМА: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ©**А.В. Радионова¹, О.И. Никитина²**Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассматривается технология добычи вольфрама, новые подходы по эффективному использованию природных ресурсов, которые в свою очередь требуют введения технологий с наиболее глубоким извлечением вольфрама. Рассмотрены исследования современных научно-технических и технологических достижений в области добычи вольфрамсодержащих веществ, обогащения и доведения до товарного продукта.

Ключевые слова: вольфрам, флотация, магнитная сепарация, технология, обогащение.

TUNGSTEN MINING TECHNOLOGY: THE CURRENT STATE OF TECHNOLOGY**A.Radionova, O.Nikitina**Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federation

The article discusses the technology of tungsten mining, new approaches to the efficient use of natural resources, which in turn require the introduction of technologies with the deepest cut of tungsten. The article considers the researches of modern scientific-technical and technological achievements in the field of recovery of tungsten-containing substances, concentration and bringing up to the end product.

Key words: tungsten; flotation; magnetic separation; technology; concentration

В последние годы значительно взлетел спрос на вольфрамсодержащие товарные продукты, что и привело к повышению цены на мировом рынке. Это стало основанием для развития данной отрасли во многих странах. Лидерами этой области считаются Россия и Китай, так как в этих странах интенсивно ведутся разработки по добыче вольфрамовой руды и по сей день. Территория РФ владеет самой крупной в мире минеральносырьевых баз, отношение к которым имеет и вольфрам. При этом занимает 2-е место по объемам его запасов и горного производства, уступая Китаю. При этом если по содержанию вольфрама в недрах земли (2 млн т WO_3) Россия отстает от Китая, примерно, в четыре раза, то по добыче почти в двадцать раз: на ее долю приходится 6 % мировой добычи, а на долю Китая 80 % (рисунок).

Были изучены в основном все стадии доведения вольфрамсодержащих материалов до товарного продукта, а именно:

- физическое обогащение (к ней относится флотация, магнитная сепарация и другие);
- выщелачивание: кислотное и щелочное;
- гидрометаллургические способы, такие как экстракция, ионный обмен, осаждение;
- получение паравольфрамата аммония.

В конечном итоге все эти стадии сливаются в две, так скажем, одна за другой: физическое обогащение и химические превращения.

При наблюдении за технологическим процессом можно рассмотреть снижение содержания вольфрама в исходном сырье, которое вызывает необходимость ввода в эксплуатацию законсервированных отвалов обогатительных комбинатов даже с небольшим содержанием целевого продукта (менее 1 %). Поэтому новые подходы по эффективному использованию природных ресурсов требуют введения технологий с наиболее глубоким извлечением вольфрама.

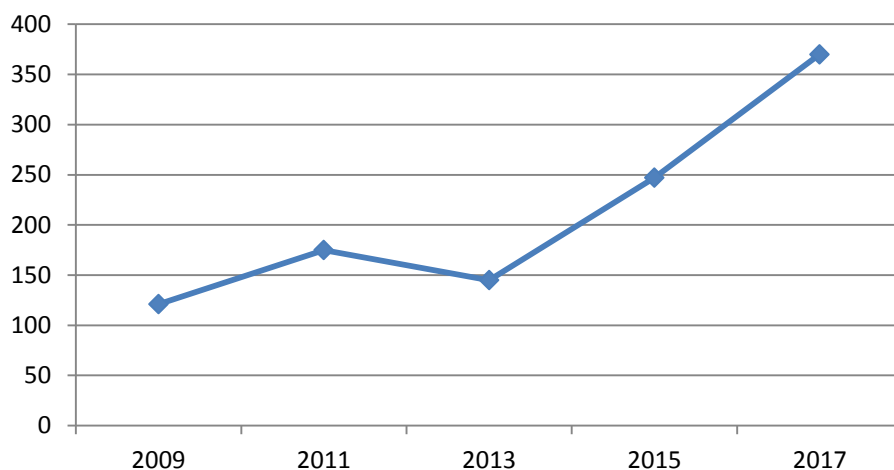
Самыми перспективными направлениями обогащения вольфрамсодержащего сырья считаются флотация, магнитная сепарация и гравитационное обогащение.

Гравитационное обогащение остается главным процессом для переработки крупных и среднезернистых руд, и переработка бедных руд экономически выгодна при их больших объемах.

А это значит, что технология предварительной концентрации и использование высокопроизводительного оборудования становятся общепринятыми, как и первичная, дополнительная обработка тонких классов с использованием различных процессов и флотацию в том числе.

¹ Радионова Алина Валентиновна, студентка гр. БТПб-14-1, e-mail: alinavalentinovna97@mail.ru
Radionova Alina, studying, faculty of subsoil use e-mail: alinavalentinovna97@mail.ru

² Никитина Ольга Иннокентьевна, старший преподаватель, e-mail: nikitina@istu.edu
Nikitina Olga, Senior Teacher e-mail: sgi@istu.edu



Динамика роста цен за вольфрам, долл./т WO₃

В России одним из самых крупных предприятий является Новоорловский ГОК. По итогам прошлого года предприятие переработало 59,7 тыс. т руды и произвело 1153,7 т вольфрамового концентрата, стоимость которого составила свыше 529 млн руб. – это на 135 % больше, чем в предыдущем году (содержание WO₃ в концентрате составило 60 %).

Основным центром по содержанию по считается Забайкальский край, где располагаются Селенгино-Становая, Монголо-Забайкальская и Восточно-Забайкальская металлогенические провинции, в данных недрах заложено примерно 26 % балансовых залежей вольфрама России. Все эти залежи сконцентрированы по большей части в гидротермальных месторождениях вольфрамитовых руд.

Вольфрамовая руда Спокойнинского месторождения выражена слюдистокварцевыми грейзеными и грейзенированными гранитами, которые секутся кварцевыми жилами с вольфрамитовой минерализацией (таблица).

На месторождении существует 2 вида руд:

- кварцевые жилы с вольфрамитовым оруденением со средним содержанием 0,18 %;
- мелкие и среднезернистые грейзены и грейзенированные граниты со средним содержанием 0,22 %.

Первый вид на месторождении занимает весомый удельный вес. Эта руда состоит в основном из разной степени грейзенированных гранитов, которые характеризуются мелкими и мелкозернистым сложением и светлой окраской. Также отмечается значительной крепостью и довольно-таки трудной извлекаемостью.

Основными считаются минералами грейзенированных пород такие как кварц, полевые шпаты, слюды. Из второстепенных присутствует гранит, апатит, турмалин, топаз, флюорит менее 1 %, в небольших количествах – биотит, эпидот, рутил.

Главными рудными минералами являются вольфрамит, берилл и висмут. Второстепенные рудные минералы: пирит, касситерит, шеелит, пирротин, халькопирит, молибдений, сфалерит, галенит, циркон.

Вольфрамит считается самым распространенным минералом в данном месторождении. Он встречается в грейзенированных гранитах, слюдистых и кварц-полевошпатовых жилах.

В месторождении существует 3 генерации вольфрамита:

1. Мелкокристаллические (0,005–0,03 мм) различной формы, вольфрамитом.
2. Отдельные кристаллы зерен размеров от 0,05 до 2–4 мм, встречается в грейзенированных и альбитизированных гранитах.

3. Крупные и мелкие кварцевые жилы. Скопление кристаллов достигает 10–15 см в длину.

Цвет вольфрамита в основном черный, но возможно сероватым и буроватым оттенком. Блеск на гранях свежих кристаллов слабый, алмазный. На гранях кристаллов характерна продольная штриховатость. Вольфрамит довольно хрупкий материал. Удельный вес составляет от 6,8 до 7,3 г/м³.

Химический состав пробы руды Спокойнинского месторождения

Элементы	Содержание, %	Элементы	Содержание, %
SiO ₂	76	K ₂ O	3
Al ₂ O ₃	14	TiO ₂	0,08
Fe ₂ O ₃	1,0	P ₂ O ₅	0,06
FeO	0,6	MnO	0,012

CaO	0,36		Sn	0,1
MgO	0,4		Bi	0,006
Na ₂ O	2		WO ₃	0,2

Вольфрамовые руды при обогащении, приобретают стандартные концентраты, содержащие 54–64 % WO₃. Для получения высоких показателей обогащения вольфрамовых руд применяются эффективные направления, такие как гравитация, флотация, магнитная и электростатическая сепарация.

При обогащении шеелитовых руд применяют гравитационно-флотационные или только флотационные технологии.

Вольфрамоизвлечение в кондиционных концентратах вольфрамовых руд составляет около 54–64%.

Со сложным составом руду эффективней будет выводить из цикла обогащения промышленные продукты с содержанием примерно 15 % WO₃ на химическую переработку, в результате которой получают технический триоксид вольфрама. Такие же объединенные технологии гарантируют высокое извлечение вольфрама из руд. Но все же это считается недостаточно экономичным способом добычи вольфрама, существуют способы вольфрамоизвлечения, которые являются экономически выгодными.

В ходе различных исследований было выявлено, что самым эффективным способом флотации является технология, в которой перед введением жидкого стекла в пульпу вводится сульфид натрия, а перед обработкой реагентом подсоединяется азотсодержащий реагент метилсульфонилуксусной кислоты в равном соотношении с сульфгидральным собирателем. Подготавливается жирнокислотный реагент к флотации несурфидных руд и затем готовится раствор едкого натрия, в него помещается жирная кислота с окисью металла, которая обладает амфотерными свойствами. При этом их перемешивание осуществляются при соотношении 1,005/0,005/5 в течение получаса при температуре примерно 45 °С.

С целью увеличения извлечения в вольфрамсодержащий продукт при уплотнении и повышения селективности разделения вольфрамовых минералов дополнительно вводят реагенты в массовом соотношении 1/160 и 1/74. Более эффективных технологий в области флотации пока не выявлены.

Технология применения магнитной сепарации основывается на разделении сухих отходов при прохождении через верхнюю ленту нижнего транспортера в дискретном магнитном поле, это позволяет создавать систему постоянных магнитов с меняющимися полюсами, которые влияют на отходы со стороны нижней ленты верхнего транспортера.

При этом происходит перенос магнитной фракции на нижнюю ленту верхнего транспортера, затем распределяются разделенные фракции в приемники. Данная схема дает преимущества и отличается от других тем, что в разы повышается рентабельность сепарации отходов с размерами частиц примерно 0,2 мм при изменении высоты слоя отходов от заданной. Также постоянные магниты в системе располагают с межполюсным шагом 7 мм.

Перемена высоты слоя отходов в сравнении с заданной, напряженность магнитного поля, которая находится на поверхности нижней ленты верхнего транспортера, регулируются, данные пределы составляют примерно 25 кА/м, изменяется и расстояние между магнитами, их полюсными накопечниками.

Два вышеперечисленных способа вольфрамообогащения по отдельности используются довольно-таки редко. Но совместный подход с использованием доступных способов обогащения является экономически наиболее приемлемым и он все чаще используется.

Данные технологии физического обогащения минерального вольфрамсодержащего сырья являются основными в данной области, которые достаточно легко реализовать на практике, и они характеризуются основными тенденциями дальнейшего развития. В ближайшие годы следует ожидать только усовершенствованные существующие технологии.

Библиографический список:

1. Авдохин В.М. Основы обогащения полезных ископаемых. Обогащительные процессы. М., 2006. 417 с.
2. Конюхов В.Ю., Честнов П.Е. Привлечение инвестиций на предприятиях инновационной промышленности: материалы науч.-практ. конф. «Технико-экономические проблемы регионов». 2013. 7 с.
3. Глухарев Ю.Д. Техническое обслуживание и ремонт горного оборудования. М., 2003. 400 с.