

**УДК: 546.76**

БАЕР К.Е., студент гр. ОУБ-221 (КузГТУ)  
Научный руководитель ГАЛАНИНА Т.В., к.с.-х.н., доцент (КузГТУ)  
г. Кемерово

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ХРОМА НА ГИДРОСФЕРУ И СПОСОБЫ ЕГО УМЕНЬШЕНИЯ**

Хром является одним из самых полезных ископаемых и имеет широкое применение в различных отраслях промышленности. Этот химический элемент обладает уникальными свойствами, являясь незаменимым материалом для производства различных изделий и объектов. Одним из наиболее значимых способов применения хрома является его использование в производстве стали и других металлических сплавов. Хром добавляется в них с целью повышения прочности, стойкости к коррозии и улучшения других механических свойств получаемых материалов.

Кроме промышленного использования, хром также имеет и медицинское применение, используясь в производстве лекарственных препаратов для лечения различных заболеваний. Он помогает регулировать уровень сахара в крови, улучшает работу инсулина и способствует нормализации обмена веществ. Тем не менее, хром способен оказывать и негативное влияние на окружающую среду и здоровье человека.

Во всем мире запасы хромовых руд оцениваются в 1,8 млрд тонн, причем более 60% из них находятся в ЮАР, 9% — в Казахстане и 6% — в Зимбабве. США, Индия, Филиппины, Турция, Мадагаскар, Бразилия и Россия также располагают запасами хромита. Несмотря на то, что Россия имеет небольшую сырьевую базу хромовых руд, она входит в первую десятку крупнейших мировых производителей хромовой продукции.

Основные запасы хромовых руд России сосредоточены в Карело-Кольском регионе (73,3%), где находятся самые большие месторождения стратиформного типа: Аганозерское в Республике Карелия и Сопчеозерское в Мурманской области. Другие запасы хромовых руд (13,3%) находятся в трех месторождениях Сарановской группы в Пермском крае: средних по масштабу запасов Главном Сарановском и Южно-Сарановском, а также в мелком месторождении под названием Малый Пестерь. В ЯНАО обнаружено 17 месторождений, принадлежащих к гипербазитовому массиву Рай-Из (11,3%) самыми крупными из которых являются Центральное и Западное; оба они имеют средний масштаб запасов. Оставшиеся запасы (1,8%) находятся в небольших месторождениях подиформного типа в Свердловской, Челябинской и Оренбургской областях [1].

Промышленных месторождений хрома на территории Кузбасса не выявлено, однако на территории Кузнецкого Алатау выявлено более 30 рудопроявлений. Они располагаются в Среднетерсинском гипербазитовой массиве и гипербазитовом массиве г. Бархатной [2].

Большую популярность как полезное ископаемое хром приобрел благодаря своим свойствам. Физические характеристики хрома включают его устойчивость, плотность, твердость и модуль упругости. Рассмотрим их подробнее.

- Хром является тугоплавким металлом, который имеет плотность, в нормальных условиях равную  $7200 \text{ кг/м}^3$ ;

- Он также является одним из самых твердых металлов: его твердость по шкале Мооса составляет 5, а по шкале Бринелля —  $7\text{--}9 \text{ Мн./мм}^2$ ;

- Модуль упругости составляет  $294 \text{ ГПа}$  при  $20^\circ\text{C}$ ;

- Хром обладает объемно-центрированной решеткой, что позволяет ему иметь специфическую температуру хрупко-вязкого периода (от  $-50^\circ\text{C}$  до  $+350^\circ\text{C}$ ) [3].

Теплофизические свойства хрома таковы:

- В нормальных условиях теплопроводность хрома составляет  $93,7 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$ ;

- Удельная теплоёмкость в нормальных условиях —  $0,45 \text{ Дж/(г}\cdot\text{K)}$ .

Электрические свойства этого вещества описываются так:

- Электропроводность —  $7,9 \cdot 10^6 / (\text{Ом}\cdot\text{м})$ ;

- Удельное сопротивление —  $0,127 (\text{Ом}\cdot\text{мм}^2)/\text{м}$ .

Следует выделить и токсические свойства хрома:

- Трехвалентный хром является необходимым микроэлементом и не представляет опасности, но его избыток может накапливаться в организме;

- Соединения шестивалентного хрома токсичнее в  $100\text{--}1000$  раз и могут вызывать серьезные проблемы со здоровьем. К примеру, они вызывают кровотечение желудка и кишечника [4].

Главное сырьё, используемое при производстве металла, — хромистый железняк. Технология его получения достаточно сложна, но более проста по сравнению с добычей хрома из крокоита. Для промышленных целей достаточно производить металл с содержанием от  $98,9\%$  до  $99,2\%$ , что является достаточным для легирования сталей. Однако для получения химически чистого хрома применяются другие методы. Рассмотрим их более детально.

1. Алюмотермический метод. Во время плавки металла используется наклонная плавильная шахта, которая установлена на специальной вагонетке. Шахта облицована магнезитовым кирпичом. На первом этапе в шахту загружается  $150\text{--}250 \text{ кг}$  сырья, после чего добавляется и поджигается запальная смесь. Когда процесс становится стабильным, загрузка осуществляется непрерывно.

Перед загрузкой сырьё перемешивается в барабанном сепараторе не менее 30 минут. Состав сырья включает хромовый концентрат с содержанием оксида хрома более  $58,5\%$ , окись хрома, алюминиевый порошок и натриевую селитру. Также добавляется хромистый молотый шлак с размером зерна  $0,3\text{--}0,8 \text{ мм}$ , который служит балластом. При поджигании запальной смеси начинаются реакции восстановления оксидов алюминия и разложения селитры, что обеспечивает необходимое тепло.

Во время всей плавки сырьё загружается с помощью элеватора таким образом, чтобы оно тонким слоем покрывало расплав. В конце процесса добавляется флюс в количестве 200–250 кг. Используется также известь с размером зерна до 3 мм, которая обеспечивает кинетические условия для реакции и упрощает извлечение металлического хрома.

Плавка длится около 12–20 минут. После её окончания следует несколько минут выдержки, а затем первую порцию шлака толщиной 200–300 мм выливают в изложницу. Далее плавильная шахта возвращается в исходное положение; через 1–2 минуты металл и шлак сливают.

После охлаждения блок шлака и хрома извлекают из изложницы и передают на разделку. В результате получается сплав с содержанием хрома в пределах 98,9–99,2%, а также с примесями кремния, алюминия, железа и серы.

2. Металлотермическая плавка. Главная особенность этого метода — предварительное расплавление 30% окислов шихты. Практика показывает, что извлечение хрома в таком случае повышается с 88 до 92,5%. Кроме того, расход алюминия при плавке уменьшается на 47 кг на каждую тонну продукции. Плавка производится в электропечном агрегате с поворачивающейся шахтой, которая облицована магнезитовым кирпичом.

Шихта состоит из трех компонентов, которые загружаются дифференцированно: это запальная часть, рудная часть и восстановительная часть. Запальная часть состоит из 200 кг хромового концентрата, 60 кг алюминиевого порошка и 35 кг натриевой селитры. Рудная часть состоит из 875 кг концентрата и 370 кг извести, а восстановительная часть — из 725 кг концентрата и 442 кг порошка алюминия.

Сначала проплавляется запальная часть, затем включается электропечь, куда постепенно добавляется рудная часть шихты. Плавка продолжается 1,5-2 часа, после чего расплав еще нагревается в течение 10-15 минут.

Затем электропечь отключается, после чего плавильная шахта переносится в плавильную камеру. В восстановительную часть шихта загружается из бункера. Загрузка длится 3-5 минут, затем расплав выдерживается еще 3-5 минут для завершения процесса восстановления, после чего сплав с шлаком сливаются в изложницу. Полученный сплав содержит до 80% хрома.

3. Лабораторный метод. Металлический хром высокой очистки получают путем электролиза раствора хромового ангидрида и серной кислоты в лаборатории. В результате этого процесса на катодах выделяется водород, а сам металл осаждается в чистом состоянии.

В повседневных задачах химически чистый металл используется редко, так как требуется для особых, довольно специализированных работ. Для обычных целей (таких, как хромирование) можно использовать металл, полученный с помощью алюмотермического метода [5].

Хром — переходный металл, который широко используется в промышленности благодаря своей прочности и устойчивости к нагреву и коррозии. Перечислим виды промышленности, в которых применяется хром:

- Производство нержавеющей стали;
- Покрытие поверхностей;

- Сохранение древесины и дубление кож;
- Красители и пигменты;
- Синтез искусственных рубинов [6].

В результате деятельности предприятий, использующих хром, сточные воды таких производств содержат очень высокие концентрации этого вещества (от 40 мг/л до 50000 мг/л). В процессе очистки стоков некоторое количество хрома удаляется, но итоговое содержание хрома в очищенных сточных водах составляет 200 мг/л, что значительно выше его естественной концентрации. Большое количество хрома также попадает в гидросферу через бытовые сточные воды и в процессе металлургического производства. Употребление человеком воды с высоким содержанием шестивалентного хрома может привести к болезням легких, дерматитам и онкологическим заболеваниям [7].

Установка эффективных фильтров и систем очистки на предприятиях может существенно уменьшить выбросы хрома в окружающую среду. Одним из методов очистки сточных вод является коагуляция, при которой вода обрабатывается химическими реагентами, приводящими к объединению взвешенных частиц. При взаимодействии сульфата железа FERIX-3 с известью под действием кислорода образуется коллоидный раствор, который после добавления электролитов коагулирует, образуя хлопья. Это позволяет осветлить воду и удалить из нее коллоидные и крупные частицы. Расход сульфата железа может изменяться в зависимости от степени загрязнения, варьируя от 200 до 10000 мг/л, а расход извести составляет от 150 до 300 мг/л. Комбинирование метода коагуляции с биологическим окислением для удаления хрома из промышленных сточных вод может привести к достижению максимального положительного результата [7].

#### Список литературы:

1. Хромовые руды // РОСНЕДРА URL: <https://clck.ru/368g6c> (дата обращения: 18.10.23). - Режим доступа: открытый доступ. - Текст: электронный.
2. Кондаков, А. Н. Минеральные ресурсы недр Кемеровской области. Кн. 2. Неметаллические твердые полезные ископаемые / А. Н. Кондаков, А. А. Возная. – Кемерово: КузГТУ, 2016. – 496 с.
3. Татаринов, П. М. Курс месторождения полезных ископаемых / П. М. Татаринов, А. Я. Карякин и др. – Ленинград: Недра, 1975. – 630 с.
4. Физические свойства и механические характеристики металла хром и его соединений // Строительные материалы URL: <https://clck.ru/369N8c> (дата обращения: 19.10.23). - Режим доступа: открытый доступ. - Текст: электронный.
5. Добыча руды и методы промышленного получения хрома // Строительные материалы URL: <https://clck.ru/369P3n> (дата обращения: 18.10.23). - Режим доступа: открытый доступ. - Текст: электронный.
6. Свойства и применения хрома // Электрогазосварщик URL: <https://clck.ru/369NPN> (дата обращения: 19.10.23). - Режим доступа: открытый доступ. - Текст: электронный.

- 
7. Глобальный элементопоток хрома // StudFiles URL: <https://clck.ru/36ABa8> (дата обращения: 20.10.23). - Режим доступа: открытый доступ. - Текст: электронный.
  8. Очистка сточных вод от хрома // NOMITECH URL: <https://clck.ru/36ABXh> (дата обращения: 20.10.23). - Режим доступа: открытый доступ. - Текст: электронный.