

ния получения временной экономической выгоды, а с позиции кардинального решения проблемы предотвращения загрязнений водных бассейнов. Кроме того, решается проблема водного дефицита для отдельных районов.

Л и т е р а т у р а

1. Технические указания по применению метода электрокоагуляции флотации для очистки сточных вод. — Ровно, 1974. 2. Отраслевые методические материалы по расчету и проектированию установок очистки промышленных сточных вод и электролитов специализированных отделений и участков хромирования методом ионного обмена. — Волгоград, 1977.

УДК 628.001.2:622.765

Ю.П. С е д л у х о

К МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА СИСТЕМ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРНОХИМИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Детальные исследования, проведенные на одной из обогащательных фабрик по переработке труднообогатимых фосфатных руд, позволили установить, что основное влияние на процесс флотационного обогащения оказывают соли водорастворимых минералов. Остаточные концентрации флотореагентов оказывают гораздо меньшее влияние и, чаще всего, положительное [1,2].

При оборотном водоснабжении флотационных фабрик неизбежно накопление в воде различных ионов, к которым в первую очередь следует отнести ионы кальция, натрия, сульфатов, хлоридов и другие.

Изменение качества воды в оборотной системе может быть рассчитано на основе уравнений материального баланса [3].

При неизменном количестве воды в системе уравнение баланса примет вид (рис. 1):

$$Q_{\text{д}} + Q_{\text{р}} - Q_{\text{к}} - Q_{\text{х}} - Q_{\text{сб}} - Q_{\text{ф}} - Q_{\text{и}} + Q_{\text{а}} = 0, \quad (1)$$

где $Q_{\text{д}}$ — количество воды, добавляемое в систему; $Q_{\text{р}}$ — количество воды, поступающее с сырьем; $Q_{\text{к}}$ — потери воды с готовым продуктом; $Q_{\text{х}}$ — количество воды, выводимое из системы вместе с отвалной породой при ее складировании; $Q_{\text{сб}}$ — количество воды, сбрасываемое из системы для ее освежения (продувки); $Q_{\text{ф}}$ — потери воды в результате фильтрации из гидротехнических сооружений; $Q_{\text{и}}$ — потери воды в результате испарения с водной поверхности; $Q_{\text{а}}$ — количество атмосферных осадков.

При мощности предприятия Р концентрата (т в сутки, год) уравнение (1) можно представить в виде

$$Q_{\text{д}} = \frac{W_{\text{к}} P}{100} + \frac{W_{\text{х}} P}{\gamma} \left(1 - \frac{\gamma}{100} \right) + Q_{\text{сб}} + F k_{\text{ф}} + \frac{F h_{\text{и}}}{1000} - \frac{F h_{\text{а}}}{1000} - \frac{W_{\text{р}} P}{\gamma}, \quad (2)$$

где γ – выход продукта (концентрата), %; $W_{\text{р}}, W_{\text{к}}, W_{\text{х}}$ – влажность соответственно руды, готового продукта и складированной отвальной породы, %; F – площадь зеркала воды наружных гидротехнических сооружений, м^2 ; $k_{\text{ф}}$ – коэффициент фильтрации ложа гидротехнических сооружений, м/сут (мм/год); $h_{\text{и}}, h_{\text{а}}$ – испарение с водной поверхности гидротехнических сооружений и атмосферные осадки, выпадающие на нее, мм/сут (мм/год). Уравнение солевого баланса принимает следующий вид:

$$S_{\text{д}} + S_{\text{р}} + S_{\text{т}} - S_{\text{к}} - S_{\text{х}} - S_{\text{сб}} - S_{\text{ф}} - S_{\text{и}} + S_{\text{а}} - S_{\text{ос}} - S_{\text{к}}^{\text{т}} - S_{\text{х}}^{\text{т}} = 0, \quad (3)$$

где $S_{\text{т}}$ – количество солей, вводимое в виде флотореагентов; $S_{\text{ос}}$ – количество солей, выводимое из системы в результате химических, физических и биологических процессов, происходящих в хвостохранилищах и прудах-отстойниках; $S_{\text{к}}^{\text{т}}, S_{\text{х}}^{\text{т}}$ – количество солей, выводимое из системы в результате адсорбции твердой фазой концентрата и хвостов; $S_{\text{д}}, S_{\text{р}} \dots S_{\text{а}}$ – количество солей, вводимое и выводимое из системы с жидкой фазой (индексы аналогичны уравнению (1)).

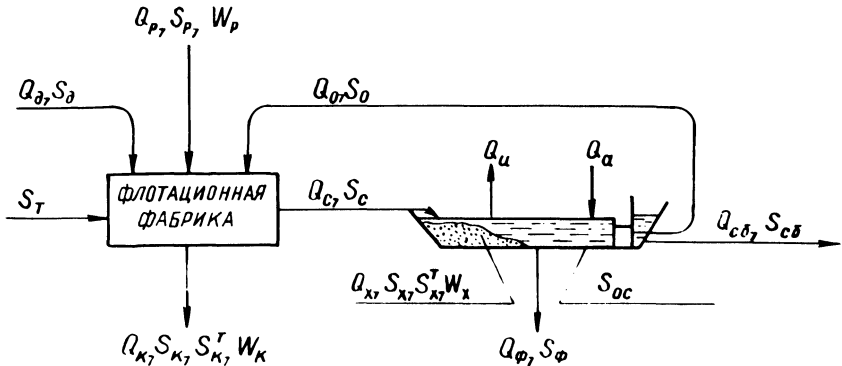


Рис. 1. Расчетная схема материального баланса системы оборотного водоснабжения флотационной фабрики.

Солевое содержание оборотной воды стабилизируется, если количество солей, вносимых с добавочной водой, флотореагентами и рудой, станет равным количеству солей, выводимых из системы. Так как $S=QC$ (где S – концентрация соответствующих солей, г/т, которую в испаряемой воде и в атмосферных осадках можно принять равной нулю), после преобразования получим

$$C_{д} \left[Q_{сб} + \frac{Fh_{и}}{1000} - \frac{Fh_{а}}{1000} + \frac{W_{к}P}{100} + \frac{W_{х}P}{\gamma} \left(1 - \frac{\gamma}{100} \right) + Fk_{ф} - \frac{W_{р}P}{\gamma} \right] +$$

$$+ \frac{P100}{\gamma} C_{р} + \frac{P100}{\gamma} C_{т} = Q_{сб} C_{сб} + \frac{W_{к}P}{100} C_{к} + \frac{W_{х}P}{\gamma} \left(1 - \frac{\gamma}{100} \right) C_{х} +$$

$$+ Fk_{ф} C_{ф} + \frac{P100}{\gamma} C_{ос} + PC_{к}^T + \frac{P}{\gamma} (100 - \gamma) C_x^T . \quad (4)$$

Выражение (4) содержит много трудноопределяемых величин и практически не пригодно для расчетов. Кроме того, современные оборотные системы ставят на повестку дня проблему прогнозирования качества воды.

Ряд авторов [4,5], решая вопросы регулирования качества воды оборотных систем различных производств, приходит к упрощенным балансовым уравнениям, по которым могут быть рассчитаны только предельные концентрации растворенных солей. Такой подход к расчету водно-химического режима обогатительных фабрик (особенно при наличии интенсивных адсорбционных и ионообменных процессов) малопригоден ввиду того, что необходимо прогнозировать уровень концентраций солей в любой период эксплуатации системы, а теоретически учесть все особенности данных систем не представляется возможным. В то же время, проведя несложную экспериментальную работу, можно определить суммарное изменение концентрации солей C_n в оборотной воде в зависимости от времени t или кратности оборота N в виде функции $C_n = f(t)$ или $C_n = f(N)$.

Для определения указанных зависимостей были проведены исследования на специально созданной для этой цели укрупненной полупроизводственной установке. Было испытано 4 схемы оборотного водоснабжения флотационной фабрики. За время полупроизводственных исследований было переработано более 50 т руды и выполнено около 4000 анализов состава оборотных и технологических сточных вод. По результатам анализов для каждой схемы были построены графики изменения концентраций отдельных ионов в зависимости от кратности использования воды в технологическом процессе.

При анализе экспериментальных данных было найдено, что изменение концентрации солей в оборотной воде в общем случае достаточно точно описывается простым выражением вида

$$C_n = C_0 + bN^d, \quad (5)$$

где C_n — концентрация ионов в любой период эксплуатации оборотной системы, мг-экв/л; C_0 — начальная концентрация соответствующих ионов в свежей воде, мг-экв/л; N — кратность водооборота; b и d — постоянные для данных ионов, характеризующие скорость и величину изменения концентраций.

Выражение (5) удобно для расчетов и может описывать достаточно большое количество различных вариантов изменения функции $C_n = f(N)$ (рис. 2).

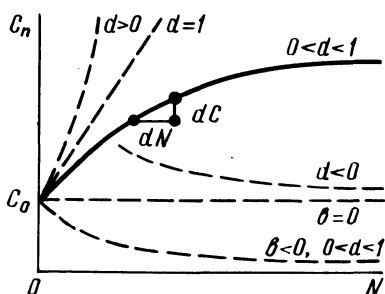


Рис. 2. Характер изменения зависимости $C_n = C_0 + bN^d$ для различных ионов от кратности водооборота.

Относительная погрешность вычисления отдельных ионов по формуле (5) для основных солей не превышала 5–8%, что можно считать вполне допустимым для использования ее при расчетах водно-химического режима систем оборотного водоснабжения флотационных фабрик.

Значения постоянных b и d зависят только от выбранной схемы водооборота. Так, при полном использовании смеси всех стоков в технологическом процессе значения параметров b и d для сульфатов, общей щелочности и суммы натрия и калия были равны соответственно 8,3; 2,9; 11,2 и 0,72; 0,78; 0,74. При этом наблюдалось постоянное повышение концентрации указанных солей. При постоянном снижении концентрации ионов отрицательным получалось значение b , а при начальном возрастании с последующим плавным снижением — d (см. рис. 2).

Имея зависимость, аналогичную (5), можно легко определить концентрации солей в любой период эксплуатации системы. Задаваясь же предельно допустимыми их величинами, возможно найти допустимую кратность использования оборотной воды

$$N_{\text{доп}} = \sqrt{\frac{d}{b} \frac{C_{\text{доп}} - C_0}{C_{\text{доп}}}}, \quad (6)$$

где $C_{\text{доп}}$ — предельно допустимая концентрация растворенных солей.

При этом количество добавочной воды (с концентрацией соответствующих солей C_0), необходимое для того, чтобы концентрация солей в оборотной воде не превысила допустимой, определяется как

$$Q_d = \frac{100}{N_{\text{доп}}} \% \quad (7)$$

Если это количество не превышает количества безвозвратных потерь, определенных из уравнения баланса (2), то такая система может работать без сброса оборотных или сточных вод.

Подобную задачу можно решить и обратным путем: зная неизбежные безвозвратные потери, а следовательно, и необходимую подпитку, узнать кратность оборота и предельную концентрацию солей в оборотной воде. Если она не превышает допустимую, то для ее поддержания достаточно свежей воды, компенсирующей потери.

В случае неизбежности сброса части оборотной воды для освежения системы его количество находится как разница между подпиткой, определяемой из выражения (7), и количеством безвозвратных потерь.

При определенных условиях количество сбрасываемой воды может оказаться значительным, что потребует увеличения капитальных и эксплуатационных затрат на ее очистку. Тогда возможен другой подход.

Из практики эксплуатации хвостовых хозяйств обогатительных фабрик известно, что в паводочный период происходит интенсивное разбавление воды хвостохранилищ и прудов-отстойников. При этом концентрации растворенных солей снижаются до значений C_0 и ниже.

Тогда за расчетный период эксплуатации оборотной системы T_p можно принять время между двумя паводками.

Продолжительность одного цикла водооборота определяется из следующего выражения:

$$t = \frac{W}{Q_0} = \frac{W}{PQ_{\text{уд}}} \quad (8)$$

где t – продолжительность одного цикла, сут; W – объем гидротехнических сооружений системы, м^3 ; Q – расход оборотной воды, $\text{м}^3/\text{сут}$; $Q_{\text{уд}}$ – удельный расход воды, $\text{м}^3/\text{сут}$; P – производительность предприятия, $\text{т}/\text{сут}$.

Тогда за расчетный период кратность водооборота

$$N = \frac{T_p}{t} = \frac{T_p P Q_{\text{уд}}}{W} \quad (9)$$

Изменяя объем гидротехнических сооружений, можно достичь такого положения, когда за расчетный период оборотная вода будет использована такое же количество раз, как и при определении по формуле (6).

Подобный подход возможен и должен быть обоснован технико-экономическим анализом в зависимости от затрат на очистку сточных вод и увеличения емкости гидротехнических сооружений оборотной системы.

Приведенные расчеты необходимо выполнить для всех основных лимитируемых солей и принять N (откуда и Q_d , а возможно, и W) наименьшим из полученных.

Зависимость (5) можно использовать для прогнозирования качества оборотной воды при любых вариантах оборотных систем.

Если эксперимент для определения указанной зависимости поставлен с нахождением оборотной воды в хвостохранилище в течение непродолжительного времени, которое недостаточно для моделирования всех происходящих в природе процессов, необходимо в расчетные формулы ввести поправочный коэффициент, учитывающий изменение концентраций при длительном пребывании оборотной воды в отстойных сооружениях. По ряду обогатительных фабрик коэффициент снижения концентраций растворенных солей составил: для солей жесткости — 0,9; сульфатов, хлоридов, суммы натрия и калия — 0,8.

Л и т е р а т у р а

1. С е д л у х о Ю.П. О рациональном использовании сточных вод в системах оборотного водоснабжения флотационных фабрик. — Информ. бюл. Сер.: "Промышленность горнохимического сырья", вып. 4. М., 1973. 2. Определение ПДК растворенных солей в жидкой фазе пульпы при флотации фосфоритов/С.М. Ш и ф р и н, Ю.П. С е д л у х о, Т.Г. Л у к а ш и н а, М.Г. К л е в ц о в — В сб.: Санитарная техника. Тр. ЛИСИ, 87. Л., 1974. 3. Т у р ч и н о в и ч В.Т., Л а п ш и н М.И. Основы регулирования качества воды. — М., 1950. 4. Р о к ш е в с к а я А.В. Исследование сточных вод производств по переработке серных руд и условий их повторного использования. Автореф. канд. дис. — М., 1972. 5. С о л о в ь е в Ф.С. Исследование условий регулирования качества оборотной воды в травильных производствах и возможность его улучшения. Автореф. канд. дис. — Горький, 1973.