

УДК 669.21/23

**ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ ПУЛЬПЫ СУЛЬФИДНОГО
ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕГО КОНЦЕНТРАТА
К БАКТЕРИАЛЬНОМУ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЮ**

Храпкова А.Н., Сивашова Н.К., Науменко М.С.

Научный руководитель – доцент, к.т.н. Колмакова Л.П., доцент Ковтун О.Н.

Сибирский Федеральный Университет

Сульфидный золотосодержащий концентрат содержит от 7 до 12,5 % известняка и при взаимодействии с водой образует щелочную среду, губительно воздействующую на микроорганизмы при бактериальном окислении сульфидов. Поэтому карбонатную составляющую концентрата нейтрализуют серной кислотой во время биоокисления при удельном расходе (6-15)кг/тону концентрата. Серную кислоту доставляют в отдаленные золотодобывающие районы России автомобильным транспортом, что является дорогой и небезопасной операцией. При взаимодействии кислоты с карбонатом кальция образуется гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, который негативно влияет на процесс бактериального выщелачивания сульфидного концентрата: осаждается на поверхности сульфидных минералов, цементируется с ними и затрудняет доступ бактерий и реагентов к реакционной поверхности – все это снижает скорость процесса и полноту окисления сульфидов. Гипс обладает сильными диспергирующими свойствами по отношению к элементарной сере, что обуславливает адсорбцию S^0 на труднорастворимых осадках железа (III) (ярозит, скородит и гетит) и невозможность её последующего окисления бактериями. Элементарная сера при сорбционном цианировании биокека (продукт бактериального окисления сульфидного концентрата) взаимодействует с цианистым натрием, что увеличивает расход дорогого, дефицитного и ядовитого реагента.

Сульфат кальция при фильтровании биопульпы осаждается и цементируется в порах фильтровальной ткани, что приводит к снижению производительности фильтр-прессов до (9-18) кг/(м²·час) и необходимости частой регенерации и замены фильтрткани. Взаимодействуя с аммонийными солями $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, \text{аммофос}]$, сульфат кальция растворяется и переходит в биопульпу, увеличивает ее вязкость и плотность, что снижает как скорость бактериального окисления, так скорость фильтрации биопульп. Поэтому поиск новых методов нейтрализации карбонатов металлов, позволяющих снизить расход серной кислоты и исключить образование гипса, является актуальной задачей для бактериального выщелачивания сульфидных концентратов.

Сотрудниками кафедры металлургии цветных металлов Института цветных металлов и материаловедения Сибирского федерального университета предложено для нейтрализации карбонатной составляющей сульфидного концентрата использовать «сбросной» раствор после биоокисления сульфидов (биофильтрат). В биофильтрате содержится ионы Fe^{3+} , As^{5+} и SO_y^{2-} (где «у» = 3 ÷ 4), которые при взаимодействии с MeSO_4 образуют труднорастворимые соединения, для которых не характерны диспергирующие и цементирующие свойства гипса.

Изучение процесса нейтрализации карбоната кальция проводили в термостатированных емкостях с механическим перемешиванием пульпы. Для исследований использовали природный известняк крупностью 0,1 мм и синтетические растворы сульфата железа (III), измерение pH и Eh раствора осуществляли с помощью потенциометров рХ-150МП, ЭВ-74, концентрацию железа определяли титрометрическим методом, составы осадков – рентгенофазовым анализом, а их структуру – микроструктурным методом на световом микроскопе ZEISS Observer.D1m.

В работе изучено влияние температуры, интенсивности перемешивания, концентрации ионов Fe^{3+} и серной кислоты, расхода карбоната кальция на скорость и полноту процесса нейтрализации.

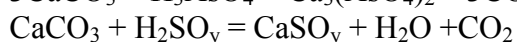
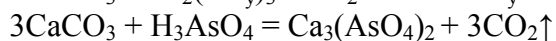
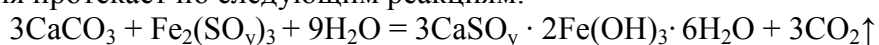
Исследование влияния температуры, начальной концентрации H_2SO_4 и скорости вращения мешалки на нейтрализацию $CaCO_3$ серной кислотой позволило установить, что процесс протекает во внутридиффузионном режиме: экспериментальная энергия активации равна 15,2 кДж/ моль, скорость реакции не зависит от интенсивности перемешивания и лимитируется диффузией ионов SO_4^{2-} через слой гипса. При использовании разбавленных растворов серной кислоты ($0,75 \div 1,5$ г/л H_2SO_4), аналогичных по концентрации H_2SO_4 к производственным, степень нейтрализации карбоната кальция не превышает (20-22) %, при этом 66 % $CaSO_4$ переходит в осадок в виде гипса, а $\approx 33\%$ сульфата кальция – в раствор в виде соединения $CaSO_4 \cdot H_2SO_4$. Скорость фильтрации гипсосодержащих пульп составляет 110-135 кг/(м²·час).

Изучение кинетики нейтрализации $CaCO_3$ раствором сульфата железа (III) позволило определить, что процесс протекает по закономерностям внешней диффузии: экспериментальная энергия активации 24 кДж/моль, скорость зависит от интенсивности перемешивания и имеет первый порядок по сульфат-иону. Скорость данного процесса в 60-80 раз больше скорости нейтрализации $CaCO_3$ раствором серной кислоты, сопровождается пенообразованием, лимитируется скоростью загрузки карбоната кальция в раствор $Fe_2(SO_4)_3$ и заканчивается в течение 3 - 5 минут. Степень нейтрализации карбоната кальция раствором сульфата железа (III) при $C_{Fe^{3+}} = 15 \div 20$ г/л близка к 100%, а при увеличении $C_{Fe^{3+}} > 30$ г/л снижается до $\approx 60\%$ за счет увеличения вязкости пульпы и снижения коэффициентов диффузии ионов Fe^{3+} и SO_4^{4-} .

Расчетами материальных балансов процессов нейтрализации $CaCO_3$ раствором сульфата железа (III) рентгенофазовым анализом установлено, что образующийся осадок описывается формулой $3CaSO_4 \cdot Fe(OH)_3 \cdot 6H_2O$. Это соединение не обладает цементирующими и диспергирующими свойствами, не адсорбируется на сульфидных минералах, так как потенциал его поверхности близок к нулю.

Скорость фильтрации пульпы, содержащей такой осадок, составляет $1080 \div 1100$ кг/(м²·час), что в 8 -10 раз выше скорости фильтрования гипсосодержащих пульп.

Изучена нейтрализация карбонатной составляющей золотосодержащего сульфидного концентрата Олимпиадинского ГОК оборотным биофильтратом, содержащим, г/л: $10,8 Fe^{3+}$; $1,7 As^{5+}$; $0,8 Sb^{3+}$, pH = 2,1. Установлено, что нейтрализация карбоната кальция протекает по следующим реакциям:



Определены оптимальные условия подготовки пульпы к бактериальному выщелачиванию сульфидного концентрата, позволяющие снизить расход серной кислоты на (80-90) %, повысить скорость биоокисления сульфидов в 1,6 – 1,8 раз; а производительность фильтровального оборудования до 80 – 120 кг/(м²·час) биокека.