УДК 622.772; 579.001.5.53

В.В.ПУСТОВАЛОВ
Норильский государственный индустриальный институт

БАКТЕРИАЛЬНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ПИРРОТИНОВОГО КОНЦЕНТРАТА С ЦЕЛЬЮ НАИБОЛЕЕ ПОЛНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Рассмотрены основы бактериального выщелачивания пирротинового и никель-пирротинового концентратов с целью наиболее полного извлечения меди, никеля, железа из растворов и драгоценных металлов из кека выщелачивания. Намечены перспективы использования методов биотехнологии в условиях Норильского промышленного района. Показана актуальность бактериального окисления цветных и благородных металлов из хвостов обогатительных фабрик, введение которого в производственный цикл позволит повысить степень извлечения полезного компонента, будет способствовать внедрению замкнутых технологических схем с использованием биогенной регенерации сточных вод, что в значительной мере снизит загрязнение окружающей среды.

The report deals with the bacterial leaching in solution of Po concentrates with the fullest extraction of copper, nickel, iron from solutions and precious metals from a firm phase. Prospects of use of methods of biotechnology in conditions of Norilsk industrial region are planned. The urgency of bacterial oxidation of non-ferrous precious metals from tails of concentrating factories of Norilsk industrial region is shown. A number of problems are being discussed: the increase of the extraction degree of a useful component, the environmental problem of prevention of dust formation from mining and metallurgical tails, introduction of the closed technological circuits with use of biogenic regeneration of sewarage. And the solution of these problems will reduce environmental contamination.

Длительный период эксплуатации месторождений и преимущественная отработка богатых руд привела к снижению общего качества руд, уменьшению запасов цветных и драгоценных металлов.

Уникальность и промышленная ценность сульфидных медно-никелевых руд Норильского района определяется высокими концентрациями в них благородных металлов, в первую очередь элементов платиновой группы. При флотационном обогащении вкрапленных руд часть платиноидов, в виде собственных минеральных форм и интерметаллических соединений, обладающих низкой флотационной активностью, при использовании стандартных реагентов теряется в хвостах флотации.

Необходимость повышения степени извлечения цветных и благородных металлов заставляет вести поиск новых и экологически безопасных методов переработки концентратов, а также утилизации вредных отходов производства и переработки техногенного сырья.

Бактериальное выщелачивание как альтернативный метод переработки минерального сырья по сравнению с окислительным обжигом и автоклавным выщелачиванием обладает высокой экономической эффективностью за счет снижения капитальных затрат и уменьшения эксплуатационных расходов при увеличении извлечения металлов и высокой экологичности.

Бактерии Acidithiobacillus ferrooxidans окисляют железосодержащие сульфиды; медные минералы; никельсодержащие сульфиды, молибденит и другие минералы*.

* *Полькин С.И.* Технология бактериального выщелачивания цветных и редких металлов / С.И.Полькин, Э.В.Адамов, В.В.Панин. М.: Недра, 1982. 288 с.

Пирротин в пульпе при pH = 2,2÷2,4 и при концентрации окисного железа 7-17 г/л разлагается на сульфат железа (III), серную кислоту и элементарную серу. Реакцию окисления железа (III) могут осуществить бактерии, как находящиеся в растворе, так и иммобилизованные на любом твердом носителе, например на сульфидном минерале.

Образующаяся элементарная сера, взаимодействуя с поверхностно-активными продуктами метаболизма бактерий, коагулируется в самостоятельную фазу пульпы. Таким образом, бактерии не только продуцируют окислитель сульфидных минералов Fe^{2+}, но и обеспечивают отвод продуктов реакции, в частности элементарной серы, от поверхности сульфидов. Это и есть принципиальное отличие бактериального выщелачивания от химического. Поверхностно-активные вещества, выделенные биомассой, обеспечивают хладотекучесть серы. По мере выщелачивания сульфидных минералов увеличивается количество продуктов регенерации, в том числе элементарной серы, часть которой окисляется до сульфатной, снижая тем самым pH пульпы до 1,0-1,2, что приводит к сильному замедлению реакции.

В Норильском индустриальном институте на кафедре металлургии цветных металлов была поставлена научно-исследовательская работа по изучению возможности бактериального выщелачивания пирротинового концентрата с целью наиболее полного извлечения цветных и драгоценных металлов.

Бактериальная масса Acidithiobacillus ferrooxidans выведена из штаммов месторождения Шануч, близкого по минералогическому составу к месторождениям Норильского промышленного района (НПР), и окультурена. Бактериальная масса наращивалась в колбах на пирротиновом концентрате при температуре 30 °С при постоянной аэрации воздухом. Сначала наблюдалось преобладание химического выщелачивания над бактериальным, и для поддержания жизнедеятельности бактерий добавляли H_2SO_4 до pH≈1,7. Готовой бактериальной массой заливали концентраты в пачуках (соотношение Т:Ж = 1:7). Потери жидкости при испарении возмещали добавлением дистиллированной воды.

Установка (рис.1) представляет собой каскад из трех последовательно соединенных пачуков, объединенных в единый блок. Каждый пачук имеет рабочий объем 800 $см^3$. Перемешивание и аэрация пульпы в пачуках осуществляется при помощи аэролифтного устройства, установленного по оси аппарата. Воздух подается автономно на каждый пачук.

Пачуки 1 и 2 были залиты бактериальной массой A. ferrooxidans, а пачук 3 для сравнения заполнен раствором, не зараженным микроорганизмами, имеющим тот же химический состав, что и раствор с бактериальной массой. Бактериальное выщелачивание проводилось в течение 253 ч в двух дублях для достоверности результата. Об окончании эксперимента судили по отсутствию изменения концентрации железа в течение двух суток.

В процессе выщелачивания производился контроль pH, Eh, концентрации Fe^{2+}, Fe^{3+}, суммарного железа и Cu^{2+}. Регулирование pH позволяло поддерживать оптимальные условия жизнедеятельности бактерий. Повышение Eh свидетельствует об увеличении концентрации ионов в растворе. Анализ на содержание железа и меди проводился титрометрическим методом. При анализе на медь раствор титровали тисульфатом натрия в присутствии йодида калия до перехода синего цвета раствора в молочный. Индикатором служил крахмал. При анализе на железо раствор, подогретый до 60 °С, титровали трилоном Б до перехода малинового цвета раствора в рыжий (высокая концентрация железа).

С течением времени концентрация ионов металлов (Fe^{2+}, Fe^{3+}, суммарного железа и Cu^{2+}) увеличивалась (рис.2). При этом концентрация трехвалентного железа увеличивалась быстрее, чем двухвалентного.

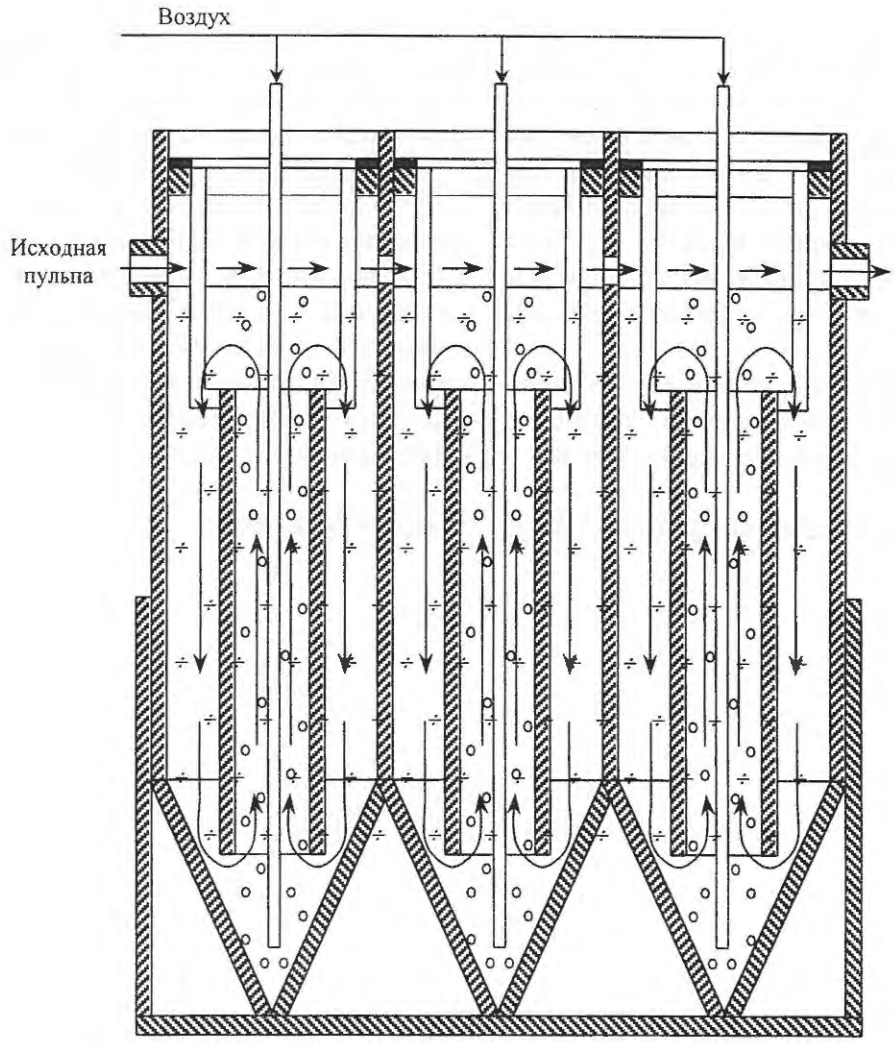


Рис.1. Лабораторная установка для бактериально-химического выщелачивания

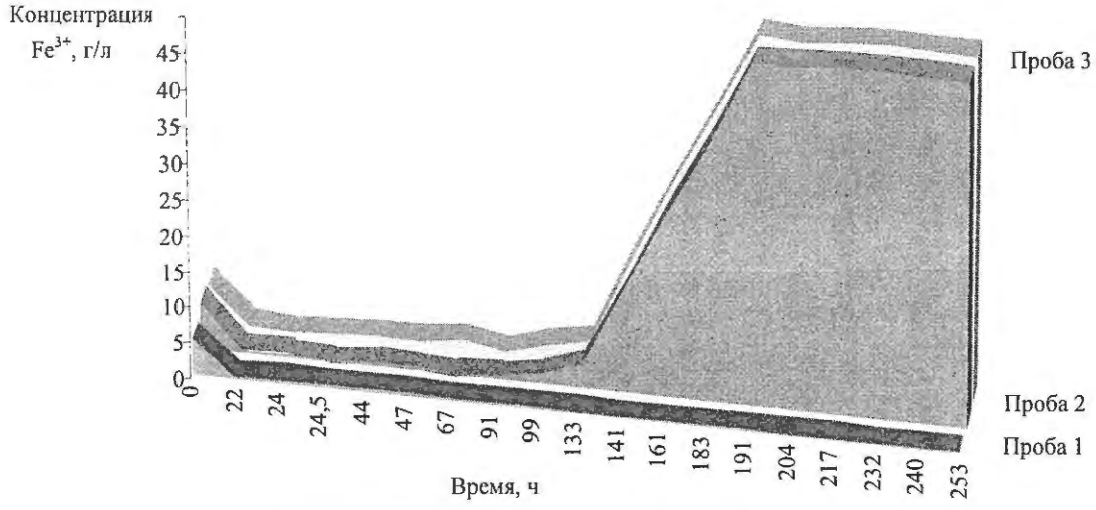


Рис.2. Зависимость изменения концентрации ионов Fe^{3+} от времени

Анализ твердой массы (кека выщелачивания) и раствора на содержание элементов платиновой группы, железа и меди показал достаточное высокое извлечение меди (93 %), никеля (87 %) и железа (98 %) в раствор, а также высокую вскрышность минералов, содержащих металлы платиновой группы. Это означает, что бактериальное выщелачивание более эффективно, чем химическое.

Перспективно использование бактериально регенерируемых кислых растворов для утилизации диоксида серы из отходящих газов металлургического производства. Предложенная технология для очистки бедных газов, содержащих диоксид серы, экономически выгоднее альтернативных.

Бактериальное окисление цветных и благородных металлов из хвостов обогатительных фабрик НПР может существенно повысить степень извлечения полезного компонента и способствовать внедрению замкнутых технологических схем с использованием биогенной регенерации сточных вод, что в значительной мере снизит загрязнение окружающей среды.

Научный руководитель ст. преп. *Л.Ю.Брусничкина-Кириллова*