

Васильева Н.Ю., Блайда И.А., Нещерет Л.С.

Одесский национальный университет имени И.И.Мечникова, Одесса, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ МЕТАЛЛОВ ИЗ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ ЛЬВОВСКО-ВОЛЫНСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

The influence of some factors on the process of leaching metal from dumps and dumps of central concentrator factory of Lviv - Volyn Coal Basin is shown. The use of mathematical planning method allowed to reveal differences the influence of factors and their levels on the process, depending on the metal. The perspective of creating a focused and/or multi-stage process of metal leaching are shown

Использование математических методов планирования эксперимента для контроля действия внешних факторов в процессе выщелачивания металлов из отходов облегчает дальнейший процесс по созданию условий для узконаправленного и/или многостадийного процесса. Данный подход позволяет при минимальных затратах спроектировать подход к практически полному извлечению всех ценных металлов, содержащихся в отходах предприятий угольной и энергетической промышленности.

Цель работы – подобрать основные параметры для выщелачивания металлов из отвалов ЦОФ Львовско-Волынского угольного бассейна и проследить изменение значимости каждого исследованного фактора и варьирование его уровня в зависимости от металла с применением математических методов планирования эксперимента.

Материалы и методы. При проведении исследования был применен метод математической оптимизации с использованием дисперсионного анализа, адаптированного к планам на греко-латинских квадратах с четырьмя действующими факторами на четырех уровнях [1, 2]. В качестве факторов были выбраны соотношение твердой и жидкой фаз (фактор А), меласса (фактор С) для создания первичных миксотрофных условий и чистая культура бактерий, выделенных из этого субстрата (фактор D). Диапазоны каждого из факторов приведены в таблице 1. В качестве выщелачивающего раствора использовали среду Сильвермана-Лундгрена 9К.

Таблица 1. Диапазоны и уровни для каждого фактора

Фактор	Уровень фактора			
	1	2	3	4
А соотношение фаз (субстрат: выщелачивающий раствор)	15 : 150	22 : 150	30 : 150	50 : 150
В – источник энергии (FeSO_4)	44,0 г/л	30,0 г/л	15,0 г/л	9,0 г/л
С – концентрация мелассы	0,2 г/л	1,0 г/л	2,0 г/л	5,0 г/л
D – живая культура микроорганизмов	1,0%	3,0%	5,0%	7,0%

В качестве исходных данных для окончательных расчетов использовали результаты по показателям выщелачивания металлов, определенных на атомно-адсорбционном спектрофотометре. Наблюдение за процессом выщелачивания проводили в течение семи дней.

Результаты и их обсуждение. Поскольку использование атомно-адсорбционной спектрофотометрии позволило регистрировать все металлы в растворе после завершения

опыта, мы имели возможность наблюдать разницу влияния каждого фактора на процесс. Такой подход дает нам возможность в дальнейшем регулировать с помощью взаимодействующих факторов интенсивность процесса и при необходимости «усиливать» выщелачивающую активность для конкретных металлов.

Было показано, что медь практически полностью переходит в раствор (98,0 %) уже на третьи сутки постановки эксперимента. При этом, наиболее значимыми факторами для выщелачивания меди их техногенных отходов ЦОФ Львовско-Волынского угольного бассейна, являлись соотношении фаз (58,0), миксотрофные условия (23,3) и добавление культуры (12,7). Указанные показатели являются расчетными значениями оценки силы влияния каждого фактора в соответствии с формулой Плохинского и выражались в процентах. По полученным данным процесс извлечения меди из отвалов данного типа наиболее интенсивно проходил при следующей комбинации факторов – A1B2C2D2.

Для выщелачивания цинка наиболее активной оказалась комбинация факторов A1B3C3D3. В данном случае уровни указывают на требование большего количества органики и количества добавленной культуры при меньшем содержании железа в исходном растворе (табл. 1). Расчетные показатели оценки силы влияния факторов, были сходны с показателями по меди: соотношение фаз (45,5), миксотрофные условия (19,4) и добавление культуры (6,7). Максимум извлечения регистрировали на 4-е сутки ($\approx 20,0$ %). Как и в случае с медью, добавление к нестерильному субстрату, содержащему собственную адаптированную ассоциацию микроорганизмов, возникшую в естественных условиях при хранении отвалов, чистой культуры ацидофильных тионовых бактерий (фактор D) повышало скорость процесса выщелачивания металла. По литературным данным это объясняется увеличением магнитной фракции в обработанной бактериальным раствором руде, что способствует раскрываемости железосодержащих сульфидных минералов [3].

Для процесса выщелачивания германия оптимальной оказалась комбинация факторов и их уровней A2B1C2D3. Как видно, она существенно отличается от комбинаций для других металлов. В первую очередь соотношение фаз изменено в сторону увеличения твердой фазы (A2) Во вторых, мы наблюдали требование к созданию микотрофных условий (C2D3) при максимальном количестве железа (B1). Расчет оценки силы влияния фактора показал, что максимальное значение для процесса выщелачивания германия из отвалов данного типа имеют соотношение фаз (17,9 %) и присутствие органических сахаров (22,3 %). Процент перешедшего металла в раствор составил 59,15 % на 7-е сутки эксперимента.

Таким образом было показано значимость применение метода математической оптимизации для моделирования процесса биовыщелачивания и дальнейший потенциал для усовершенствования процесса.

Литература

1. Ахназарова С. Л., Кафаров В. В. Методы оптимизации в химической технологии: учебное пособие для хим.-технол. спец. вузов. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 1985. – 327 с.
2. Батрак А.П. Планирование и организация эксперимента: Учебное пособие к изучению теоретического курса для студентов направления / А.П. Батрак – Красноярск: ИПЦ СФУ, 2010. – 60 с.
3. Wenbin N./Quorum-sensing system in *Acidithiobacillus ferrooxidans* involved in its resistance to Cu^{2+} / N. Wenbin, Z. Dejuan, L. Feifan, Y. Lei, C. Peng, Y. Xiaoxuan and L. Hongyu// Letters in Applied Microbiology. – 2011. – № 53. – P. 84 - 91