

УДК 606:550.7; 606:661

СПОСОБЫ И КОМБИНИРОВАННЫЕ СХЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ ПОСРЕДСТВОМ МИКРОБНЫХ АГЕНТОВ

¹Трофимова С.А., ²Савушкин А.И.

¹ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», Петрозаводск, e-mail: trofimova.sa@mail.ru;

²Карельский Государственный Селекционный Участок, Петрозаводск, e-mail: fagafon@yandex.ru

На основании проанализированных литературных источников в статье описывается значимость биогеотехнологического способа в горноперерабатывающей промышленности и обосновывается необходимость его неуклонного развития. Переработка техногенного сырья относится к числу приоритетных направлений национальной политики. Важная роль в извлечении полезных компонентов из техногенного сырья и утилизации отходов принадлежит биогеотехнологическим методам переработки, основанным на биологическом выщелачивании металлов. В статье описываются способы и направления современной биогеотехнологии. В качестве катализаторов биологического окисления рассматриваются хемолитоавтотрофные бактерии, способные в процессе жизнедеятельности использовать окисляемый неорганический субстрат одновременно, как источник энергии и как – восстановитель. В качестве примера приводятся тионовые бактерии *Thiobacillus ferrooxidans*, способные окислять сульфиды прямым и косвенным путем. Освещается эффективность бактериального выщелачивания по сравнению с кислотным, особенно в отношении редких элементов; подчеркивается вклад фундаментальных и прикладных знаний об эффективных микроорганизмах в создание новых технологических схем, в том числе и комбинированных – с использованием микробных агентов.

Ключевые слова: техногенное сырье, биогеотехнология, бактериальное выщелачивание, комбинированные технологии

CHARACTERISTICS OF THE PERIOD DOSE TITRATION WARFARIN IN PATIENTS WITH ATRIAL FIBRILLATION. RELATIONSHIP WITH CLINICAL FACTORS

¹Trofimova S.A., ²Savushkin A.I.

¹Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, e-mail: trofimova.sa@mail.ru;

²Karelia State Breeding Station, Petrozavodsk, e-mail: fagafon@yandex.ru

We have done the analysis of the relationship characteristics of the individual selection of therapeutic doses of warfarin and clinical characteristics in patients with atrial fibrillation. Following characteristics of the period of selection of a dose were considered: a definitive therapeutic dose of warfarin in mg, duration of selection of a dose in days and the maximum value of the international normalised relation (INR), registered in the course of titration. Therapeutic dose of warfarin, duration of its selection and fluctuations in thus INR depend on the following clinical factors – a history of stroke, obesity, thyroid lesions, smoking, and concomitant therapy, specifically, the use of amiodarone, in cases of appointment of warfarin in patients with atrial fibrillation.

Keywords: warfarin, atrial fibrillation, an international normalized ratio (INR)

В последние десятилетия в мире существенно выросло потребление энергетических и минеральных ресурсов, в том числе рудных и нерудных полезных ископаемых. Вместе с тем, доля минерального сырья, извлекаемого из природной среды для целей производства и превращённого в конечный продукт, составляет лишь около 1,5 – 2,0%. Основная масса извлеченного сырья переходит в промышленные отходы [18]. Как правило, действующие и законсервированные хвостохранилища и отвалы вскрышных пород занимают огромные территории, что приводит к техногенной трансформации ландшафта, и сопровождается загрязнением поверхностных и подземных вод и выбросами вредных веществ в атмосферу. На долю горных отраслей промышленности приходится 70-80% объёма всех отходов [14]. В то же время, отходы горнодобывающего

и горно-обогажительного производств содержат целый ряд ценных для промышленного использования компонентов, что позволяет рассматривать их, как техногенные месторождения полезных ископаемых – источники техногенного сырья [7].

К особенностям техногенных месторождений следует также отнести их расположение в промышленно развитых районах; размещение преимущественно раздробленного материала на земной поверхности и наличие в нем образовавшихся в самом техногенном месторождении искусственных минеральных форм, число которых превышает 30 000, тогда как природных материалов известно лишь около 3300 [11].

В качестве техногенного сырья, кроме отходов горно-обогажительных предприятий, могут выступать отходы добычи и сжигания углей, металлургические шлаки, не-

фтесодержащие отходы и буровые шламы, попутный нефтяной газ, промывные и сточные воды предприятий, твердые бытовые отходы городов и агломераций, переработка и использование которых является приоритетным национальным направлением развития науки, технологий и техники в рамках Программы рационального природопользования [18]. Следует подчеркнуть, что нарастающее накопление техногенных ресурсов является следствием несовершенства традиционных технологий добычи, обогащения и переработки исходного минерального сырья предприятиями рудного, горно-химического, топливно-энергетического и нерудного профиля [12].

Одним из принципиальных концептуальных подходов к созданию безотходных или малоотходных производств является разработка новых технологических схем и методов промышленного производства на основе замкнутых циклов, исключающих выброс отходов в окружающую среду [3]. Основным подходом к решению этих задач является применение биогеотехнологии, рассматривающей вопросы добычи, обогащения и переработки руд, отделения и концентрирования металлов из сточных вод, экстракции нефти из иссякающих месторождений с использованием микроорганизмов и их метаболитов [16].

Составляющая биогеотехнологии – биогеотехнология металлов, или биотехнология металлов, в свою очередь, нацелена на извлечение металлов из руд, концентратов, горных пород и растворов с помощью микроорганизмов и образуемых ими соединений, и включает ряд направлений:

- биогидрометаллургия или бактериальное выщелачивание металлов, основанное на способности бактерий непосредственно окислять сульфидные минералы, серу, железо, и переводить химические элементы (цветные и редкие металлы) из нерастворимых соединений в растворимые;

- обогащение руд с помощью процессов биогетерокоагуляции, когда микроорганизмы избирательно агрегируют частицы металлов и минералов из используемого сырья, которые могут быть затем выделены методами механического обогащения, например, флотации;

- выделение металлов и их соединений из растворов осаждением, а также биосорбцией с участием живых организмов;

- изучение биокоррозии металлов с целью снижения и предотвращения ее пагубного воздействия на металлические конструкции и сооружения;

- изучение и применение явлений биокариализа с участием металлов и их соединений;

- использование биохимических процессов, происходящих в земной коре, для решения технологических задач;

- очистка сточных вод, образуемых в процессах выщелачивания металлов, с выделением ценных компонентов;

- создание и применение молекулярных биологических систем новой техники (ионики, фотоники, электроники);

- биомодифицирование минералов и их поверхностей с последующим их использованием для дальнейшей переработки, или в качестве основы для развития других технологий [4].

Издавна используемое в производстве бактериальное выщелачивание металлов, биогидрометаллургия или биэкстрактивная металлургия, основано на деятельности хемолитотрофных бактерий, превращающих нерастворимые сульфиды металлов в растворимые сульфаты металлов. В настоящее время таким способом извлекают медь, уран и золото.

Бактериальное выщелачивание может быть осуществлено следующими способами:

- извлечение металлов из бедных руд в кучах и отвалах, так называемое кучное выщелачивание;

- выщелачивание руды *in situ*, или подземное выщелачивание;

- полное выщелачивание концентратов фильтрацией через неподвижный слой или в реакторе с перемешиванием (чановое);

- частичное выщелачивание субстратом для полного удаления компонентов или для подготовки к переработке с помощью других технологий [16].

Эффективность как кучного, так и подземного бактериального выщелачивания зависит от факторов внешней среды: температуры, времени года, pH растворов и их насыщенности O_2 . В отличие от чанового, кучное и подземное выщелачивания имеют длительные циклы с продолжительностью от 2 – 3 до 5 – 7 лет [17].

Для чанового выщелачивания характерны такие преимущества, как протекание процесса в контролируемых условиях, меньшая продолжительность цикла, составляющая несколько десятков часов, и отсутствие загрязнения окружающей среды вредными выбросами.

В последние годы получило развитие чановое выщелачивание измельченных руд в условиях интенсивного перемешивания пульпы – смеси твердых частиц и жидкости. Чанами в этом случае выступают химические или гидрометаллургические реакторы с механическим или пневматическим перемешиванием пульпы.

Метод чанового выщелачивания эффективен применительно к комбинированной тех-

нологии переработки руд, содержащих золото и серебро в пирите и арсенопирите [19].

В настоящее время в промышленных масштабах бактериальные методы применяются примерно в двадцати странах мира на 40 предприятиях, в первую очередь для кучного и подземного выщелачивания меди и урана [8].

В России с 2001 года действует первая промышленная установка чанового бактериального выщелачивания по переработке золотомышьяковых руд Олимпиадинского месторождения [17].

Следует подчеркнуть, что бактериальное окисление – сложный процесс, включающий биологические, химические и электрохимические реакции. Хемолитоавтотрофные бактерии можно рассматривать как биокатализаторы биологического окисления. Они строят свою биомассу, используя неорганический источник углерода (CO_2) и энергетический субстрат – соединения серы, железа, азота. Так, например, тионовые бактерии *Thiobacillus ferrooxidans* могут окислять сульфиды двумя путями: прямым и косвенным. Прямой путь предполагает непосредственное воздействие бактерий на минералы через адсорбцию микробов на поверхности сульфидного минерала. Кроме того, процессы окисления могут происходить опосредовано: вначале бактерии трансформируют ион Fe^{+2} в ион Fe^{+3} , а затем он окисляет сульфиды химическим путем (косвенный механизм) [15]. Важную роль в процессах биологического окисления играет полисахаридная оболочка бактерий (капсула), в которой, судя по всему, и происходит окисление ионов железа [17].

К микроорганизмам рудных месторождений относят также *Thiobacillus thiooxidans*, *T. thioparus*, *T. organoparus*, *T. neapolitanus*, *T. denitrificans*, *T. thiocyanoxidans*, *Leptospirillum ferrooxidans nov. gen. nov. sp.*, *Stiblobacter nov. gen. nov. sp.*, термофильный микоплазмopodobный микроорганизм, термофильные железозакисляющие и сероокисляющие организмы, гетеротрофные организмы и другие представители одноклеточных [15].

Следует подчеркнуть, что в природных условиях выщелачивание осуществляется ассоциациями разных микроорганизмов, степень активности которых в экосистеме возрастает по мере «отбора средой» [9]. Помимо непосредственного участия в выделении ценных компонентов из руд и техногенного сырья, микроорганизмы участвуют также в природном обезвреживании штабелей кучного химического выщелачивания после их отработки. Так, широко используемые в золотоизвлечении цианиды разлагаются в отработанной руде с участием

бактерий за несколько лет [10]. С помощью микроорганизмов можно также удалять вредные примеси из техногенного сырья на этапе его подготовки к гидрометаллургическому переделу [8].

Характерной особенностью техногенного сырья является его поликомпонентный состав, предопределяющий использование комбинированных технологий, сочетающих процессы обогащения и металлургии с процессами бактериального выщелачивания. Совокупность этих процессов обеспечивает извлечение ценных составляющих сырья в мягких условиях и сопутствующую утилизацию отходов, представляющих экологическую опасность для окружающей среды.

К важным физико-химическим параметрам бактериального окисления сульфидных минералов, которые необходимо учитывать при использовании комбинированных схем переработки техногенного сырья, относят кислотность среды, окислительно-восстановительный потенциал среды, электродный потенциал металлов, соотношение сульфидных минералов, характер сростков, температуру среды и газовый состав среды. Технологические параметры включают такие характеристики, как степень дробления исходного материала, плотность пульпы, способы перемешивания и аэрации, использование оборотных растворов [1]. Помимо физико-химических и технологических характеристик процесса на его результат оказывают существенное влияние и биологические параметры, такие как минеральный состав среды, адаптивные свойства культуры, концентрация и активность биомассы, использование сообщества культур.

Среди обсуждаемых в литературе комбинированных схем переработки сырья с участием микробных агентов можно назвать апробированное в лабораторных условиях использование двухпоточного режима бактериального выщелачивания вместо традиционно используемого однопоточного режима [2]. Следует подчеркнуть, что бактериальное выщелачивание более эффективно по сравнению с кислотным выщелачиванием и в отношении редких металлов – галлия и германия [5]. Особое место в горноперерабатывающей промышленности занимают вопросы, связанные с переработкой упорного золотосодержащего сырья. Традиционный метод извлечения золота из упорных руд включает флотационное обогащение, обжиг и последующее цианирование огарка. С помощью биоокисления можно подготовить сырьё для цианирования, избегая ресурсозатратного и загрязняющего окружающую среду обжига.

Обработка руды и концентратом может быть проведена и автоклавным методом – окислением золотосодержащих сульфидных концентратов в водной среде под действием кислорода при повышенных температурах – обеспечивающим более полное окисление сульфидов. Тем не менее, биоокисление находит своё применение на малых предприятиях благодаря относительной простоте и низким капитальным вложениям и возможностью сочетать его с другими технологиями [6].

В заключение следует отметить, что использование не только геотехнологических [13], но биоготехнологических методов в производстве становится насущной необходимостью современного общества и предполагает углубление наших знаний о составе микроценозов и их функционировании и, также совершенствование существующих и внедрение новых технологических схем, в том числе и комбинированных с использованием микробных агентов, в производство.

Список литературы

1. Адамов Э.В., Каравайко Г.И. Процессы бактериального выщелачивания в комбинированной технологии переработки минерального сырья // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 1999. – № 2. – С. 46–50.
2. Адамов Э.В., Крылова Л.Н., Канарский А.В. Совершенствование режимов и схем бактериального выщелачивания сульфидных концентратов // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2010. – № 3. – С. 3–6.
3. Анисимов В.Н. Безотходная переработка природно-техногенных месторождений мобильными технологическими комплексами // Горная промышленность. – 2009. – № 4. – С. 35–40.
4. Биоготехнология металлов: Практическое руководство / Науч. ред.: Г.И. Каравайко, Дж. Росси, А. Агате, С. Груднев, З.А. Авакян. М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1989. – 375 с.
5. Блайда И.А., Васильева Т.В., Баранов В.И., Слюсаренко В.Ю., Баклан В.Ю. Возможности бактериального и химического выщелачивания отходов углеобогащения с целью извлечения германия и галлия // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2013. – № 1 (4). – С. 54–60.
6. Бодуэн А.Я., Фокина С.Б., Петров Г.В., Серебряков М.А. Современные гидрометаллургические технологии переработки упорного золотосодержащего сырья // Современные проблемы науки и образования. 20014. № 6. URL:<http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15619> (дата обращения: 12.03.2016).
7. Гершенкоп А.Ш., Хохуля М.С., Мухина Т.Н. Переработка техногенного сырья Кольского полуострова Вестник Кольского научного центра РАН. – 2010. – № 1. – С. 4–9.
8. Заулочный П.А., Седельникова Г.В. Биоготехнология и ее использование в процессах переработки минерального сырья // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – № 6. – С. 139–149.
9. Канаев А.Т., Канаева З.К. Изучение микроценозов хемолитотрофных бактерий растворов подземного выщелачивания урана месторождений «Канжуган» // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 12. – С. 92–97.
10. Кучное выщелачивание благородных металлов / Под ред. М.И. Фазлулина. – М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. – 647 с.
11. Макаров А.Б. Техногенные месторождения минерального сырья // Соросовский образовательный журнал. – 2000. – Том 6. № 8. – С. 76–80.
12. Мелентьев Г.Б. Инновационная техноэкология и новые задачи технологической минералогии // Рациональное использование ресурсов. – 2009. – № 9. – С. 40–51.
13. Овсейчук В.Л., Резник Ю.Н., Мязин В.П. Геотехнологические методы добычи и переработки урановых и золотосодержащих руд: учеб. пособие. – Чита: ЧитГУ, 2005. – 315 с.
14. Плющ Л.В. Снижение техногенной нагрузки в районах складирования и захоронения отходов добычи и переработки минерального сырья // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2006. – № 10. – С. 186–192.
15. Польшкин С.И., Адамов Э.В., Панин В.В. Технология бактериального выщелачивания цветных и редких металлов. – М.: Недра, 1982. – 286 с.
16. Сартакова О.Ю. Промышленная микробиология: учебное пособие. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2009. – 174 с.
17. Совмен В.К., Гуськов В.Н., Белый А.В. и др. Переработка золотоносных руд с применением бактериального окисления в условиях Крайнего Севера. – Новосибирск: Наука, 2007. – 144 с.
18. Утилизация отходов – проблемы, пути решения. Аналитический обзор ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2015. URL:http://www.extech.ru/files/anr_2015/anr_5.pdf (дата обращения: 13.04.16).
19. Черняк А.С. Основы биотехнологии металлов: учебное пособие – монография. – Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 2002. – 102 с.