

Очистка и переработка отходов

УДК 579.002.68

Извлечение ценных металлов при переработке промышленных отходов биотехнологическими методами (Обзор)

Блайда И.А.

Одесский национальный университет, Украина

Проведен анализ состояния и перспектив использования биотехнологических методов переработки техногенных отходов с целью извлечения из них ценных металлов. Показаны преимущества этих методов перед традиционными химическими. Представлены результаты по использованию тионовых бактерий для извлечения германия и сопутствующих цветных металлов из золоуносов от сжигания углей и отходов свинцово-цинкового производства.

Ключевые слова: выщелачивание, германий, штаммы, тионовые бактерии.

Проведено аналіз стану та перспектив використання біотехнологічних методів переробки техногенних відходів з метою вилучення з них цінних металів. Показано переваги цих методів перед традиційними хімічними. Представлено результати щодо використання тионових бактерій для вилучення германію та супутніх кольорових металів із золоуносів від спалювання вугілля та відходів свинцево-цинкового виробництва.

Ключові слова: вилуговування, германій, штами, тіонові бактерії.

Обеспеченность минеральным сырьем — один из определяющих факторов современного развития промышленности. Минеральные ресурсы любой цивилизованной, суверенной страны являются ее естественным национальным богатством, первоосновой экономического развития и благосостояния, решающим фактором ускоренного прогресса производительных сил, определенных гарантий экономической и политической независимости, а в некоторых случаях и объектом существенных импорта и экспорта. Однако ископаемые ресурсы Земли, хотя и очень велики, но не безграничны и невозполнимы. Для обеспечения растущих потребностей промышленности в металлах возможен переход к эксплуатации более бедных и мелких месторождений, а также утилизация техногенных отходов, которых в Украине накоплено более 25 млрд т. Прогнозно-поисковые оценки показали, что переработка только обсле-

дованных промышленных отходов обеспечит потребность промышленности Украины в редких металлах на десятки лет.

Ежегодная потребность страны в свинце, цинке, меди, цирконии, золоте, серебре, литии может быть удовлетворена на 10–25 % [1]. В развитых индустриальных странах уровень использования промышленных отходов достигает 70–80 %, а в Украине он не превышает в настоящее время 5–10 %. В США, например, из промотходов получают 20 % всего алюминия, 33 % железа, 50 % свинца и цинка, 44 % меди и т.д. Поэтому для нашей страны, производившей 5 % всей минеральной продукции мира и добывавшей более 10 млрд т минерального сырья, из которого до 90 % отходов горной массы шло в отвалы, проблема утилизации промышленных отходов имеет первостепенное значение.

В таблице приведены лишь некоторые данные количественного и полуколичественного анализа золошлаков и золоуносов нескольких ТЭС Украины, работающих на отечественных углях. Очевидно наличие в них значительных количеств ценных металлов, иногда в несколько раз превышающих промышленный кларк соответствующего компонента.

Таким образом, одновременно с проблемой истощения запасов минерального сырья и накоплением техногенных отходов возникают задачи комплексного использования минерального сырья и необходимости решения сопутствующих экологических проблем [2]. Эти проблемы и задачи взаимосвязаны и объединяются в единую глобальную ресурсо-экологическую задачу [3–5]. В связи с этим переработка техногенных отходов металлургической, угольной промышленности и энергетики является весьма актуальной и рас-

Содержание ценных элементов в золошлаковых отходах и золо-уносах от сжигания углей

Элемент	Промышленный кларк, г/т	Золошлаковые отходы ТЭС, г/т			Золоуносы Кураховской ТЭС, г/т
		Славянской	Зуевской	Ладыжинской	
Свинец	18–22	20	25	30	200–300
Ванадий	140–160	15	45	70	100–120
Никель	80–120	50	170	50	320
Хром	190–200	100	50	100	120
Кобальт	37–42	20	730	15	100–250
Висмут	15–20	1,5	2,5	2,0	7,0
Бериллий	4,5–6,0	2,0	4,0	2,0	35–45
Ниобий	19–22	20	15	20	35–40
Молибден	5,0–10	0,15	1,5	7,0	50–80
Олово	90–120	5,0	4,0	5,0	10,5
Литий	19–35	20–30	22–24	30	38–40
Медь	45–80	30	75	50	250–700
Цирконий	160–220	200	180	200	165
Барий	250–400	500	500	500	650
Индий	18–24	20	18–20	10	25
Лантан	25–29	20	20	10	15
Титан	4000	2000–5000	500	5000	750
Магний	19500	10000	12000	10000	15000
Марганец	850–1000	700	430	500–700	1100–1300
Кальций	34000	50000	25000	30000	30000
Цинк	65–70	70	65	70	60–70
Скандий	6,0	7,0	8,0	10	12,0
Серебро	0,07–0,1	0,03	0,04	0,02–0,03	0,02
Стронций	81	100	90	250	120
Германий	5,0–7,0	70	100	700	2,0–3,0
Галлий	15–20	120	300	10	220
Мышьяк	1,7–2,0	< 50	< 50	< 50	< 50
Ртуть	0,07	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Хром	190–210	240	350	100	400–1500

сматривается как одна из важнейших медико-экологических и социально-экономических задач.

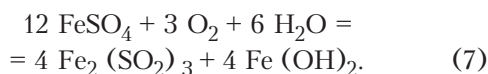
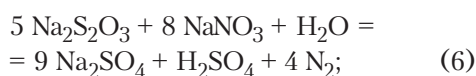
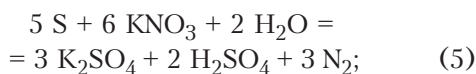
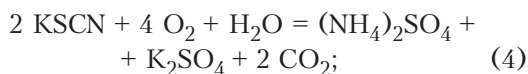
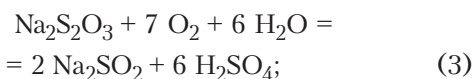
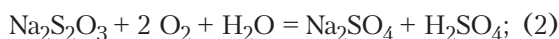
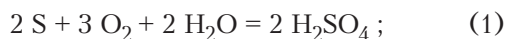
Технологии получения полезных компонентов из промышленных отходов достаточно отработаны и базируются в основном на стандартных методах гидро- или пирометаллургического вскрытия [6]. Эффективность процессов вскрытия при этом напрямую зависит от химического и фазового составов исходного продукта в целом, поскольку ценные компоненты в нем содержится, как правило, в виде микропримеси (см. таблицу). Большое значение имеет, с какими фазами эти компоненты связаны в исследуемом сырье и, как следствие, возможность их максимального извлечения из трудно вскрываемых форм. При реализации таких технологических подходов, требующих участия агрессивных химических реагентов, специальных условий и оборудования, возникает необходимость решения большого количества вопросов, связанных с ресурсо- и энергообеспечением, а самое главное, с соблюдением необходимых мер экологической безопасности. Поэтому в настоящее время использование для переработки отходов традиционных химических технологий является нерентабельным и нецелесообразным и с экологических, и с экономических позиций.

Одним из новых подходов к решению этой проблемы являются биогеотехнологические методы. В настоящее время уже сформировалась новая научная дисциплина — биогеотехнология металлов, в рамках которой разрабатываются способы извлечения металлов из руд, концентратов, горных пород, техногенных отходов под воздействием микроорганизмов или их метаболитов при нормальных давлении и температуре [6]. Своими корнями биогеотехнология уходит в геологическую микробиологию. Микроорганизмы принимали и принимают активное участие в геологических процессах, приводящих к разрушению или образованию месторождений полезных ископаемых, минералов и горных пород, а также к миграции отдельных элементов. Биологические свойства различных групп микроорганизмов и особенности их жизнедеятельности в месторождениях полезных ископаемых составляют научные основы биогеотехнологии [7–10].

В биогеотехнологических процессах принимают участие микроорганизмы

различных таксономических групп, которые окисляют сульфиды металлов. Многие из них обнаружены в природных и в промышленных условиях: вблизи серных геотермальных источников, в промышленных отвалах и в шахтных водах. Мезофильные, умеренно термофильные и термофильные ацидофильные железо-, сероокисляющие бактерии и археи осуществляют процесс бактериального превращения нерастворимых соединений металлов в растворимые формы: от сульфидов до ионов металлов и сульфатов [11–13].

Несмотря на обилие микроорганизмов, обладающих способностью выщелачивать металлы, лидируют в этом процессе ацидофильные тионовые бактерии. Тионовые бактерии — это наиболее важная в геохимическом отношении группа, хорошо изученная физиологически и биохимически [8–10]. Все тионовые бактерии способны использовать энергию окисления восстановленных соединений серы в серную кислоту для ассимиляции углерода, построения клеточного тела и осуществления остальных жизненных функций. Некоторые тионовые бактерии в процессе жизнедеятельности способны окислять не только соединения серы, но и другие соединения: органические вещества или закисное железо. Превращения серы и ее соединений, осуществляемые тионовыми бактериями, можно представить в виде следующих основных реакций:



Реакции (1)–(4) типичны для *A. thioparus*; (1)–(6) — *T. denitrificans*; (1)–(3) — *A. thiooxidans*; (1), (2), (7) — *A. ferrooxidans*; (2), (3) — *T. novellus*. Эта способность тионовых бактерий широко используется в промышленном извлечении металлов из руд; *Acidithiobacillus thio-*

oxidans, *Acidithiobacillus ferrooxidans* уже давно применяют в практике бактериального выщелачивания металлов из сульфидных руд, и они считаются наиболее эффективными в этом процессе [14–20].

В последнее время в процессах биологического извлечения металлов: меди, кобальта, цинка, золота и т.д. все большее применение находят умеренно термофильные и термофильные бактерии и археи, которые при высоких температурах обеспечивают более высокую скорость окисления сульфидов. Эти организмы более устойчивы к кислоте, нежели железо- и сероокисляющие бактерии (в частности, тионовые бактерии), обитающие в сходных эколого-физиологических условиях.

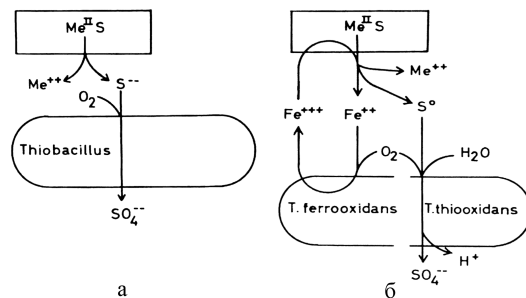
Роль, которую играют микроорганизмы в биовыщелачивании, до сих пор остается не выясненной до конца. В 1964 г. М.Р. Silverman и Н.Л. Ehrlich сделали попытку объяснить механизм биовыщелачивания, предложив два возможных пути: прямой и непрямой (рисунок) [21, 22].

Прямое бактериальное выщелачивание (рисунок, а) происходит при физическом контакте бактериальных клеток с поверхностью минерала в несколько стадий при участии ферментов. Прямое бактериальное выщелачивание может быть описано следующей реакцией:



где MeS — сульфид металла.

Очевидно, что в данном случае, бактерии должны находиться в тесном контакте с поверхностью минерала. В процессе бактериального выщелачивания ведущую роль играют физико-химические особенности поверхностей клеток и твердых материалов, в первую очередь, способности микроорганизмов прикрепляться к субстратам. Поэтому максимальная реализация потенциала микроорганизмов в биотехнологических процессах может быть достигнута только на основе использования их способности прикрепляться к твердым поверхностям. Механизм бактериального прикрепления и инициации рас-



Схемы протекания прямого (а) и непрямого (б) бактериального выщелачивания.

творения металлов пока не полностью понятен. Предположительно, бактерии прикрепляются не ко всей поверхности минерала, а предпочитают специфические участки дефектов кристаллической решетки; определенную роль в этом процессе играют гидрофильные свойства бактериальных клеток. При прямом взаимодействии бактерии могут окислить такие не содержащие железа сульфиды металлов: ковеллин (Cu_2S), халькозин (Cu_2S), сфалерит (ZnS), галенит (PbS), молибденит (MoS), стибнит (SbS), кобальтин (CoS), миллерит (NiS) [14, 23].

При непрямом бактериальном выщелачивании (рисунок, б) бактерии генерируют «окислитель», который химически окисляет сульфидный минерал. В кислых растворах таким окислителем служит Fe^{3+} , и растворение металла может быть описано следующей реакцией:



При непрямом выщелачивании бактерии не нуждаются в контакте с твердой поверхностью металлсодержащего субстрата. Они выполняют только каталитическую функцию, ускоряя окисление Fe^{2+} до Fe^{3+} . Вероятнее всего, бактериальное выщелачивание происходит благодаря взаимодействию биологических и химических окислительных процессов. В основе процесса бактериального выщелачивания большинства металлов лежит их вскрытие и перевод из нерастворимой сульфидной формы в растворимую сульфатную; из сульфатных растворов металлы извлекают осаждением, экстракцией, сорбцией [14]. Примером непрямого бактериального выщелачивания служит извлечение железа, мышьяка и серы из золотосодержащего арсенопирита (FeAsS), вследствие чего оставшееся в минерале золото легче выделяется методом цианирования [24–28].

Микробиологическое извлечение металлов происходит вследствие превращения нерастворимых сульфидов металлов в растворимые сульфаты либо создания условий для лучшего взаимодействия химических веществ с поверхностью минерала и растворения необходимого металла.

Все изложенное выше свидетельствует о том, что роль микроорганизмов в деструкции металлсодержащих субстратов изучается давно. Однако до конца понять вклад микроорганизмов в этот процесс трудно из-за отсутствия оценки совокупности химических, физических и биологических факторов.

Несмотря на это микроорганизмы давно используются для промышленного извлечения металлов из минерального сырья. В настоящее время микробное выщелачивание признано привлекательной альтернативой традиционным фи-

зическим и химическим методам извлечения металлов благодаря сокращению потребления энергии, транспортных затрат и менее пагубному воздействию на окружающую среду. Эта технология является экономически выгодной и экологически безопасной [24–26].

Исследованиями процесса бактериального окисления и выщелачивания занимаются около 100 научных организаций и фирм во многих странах мира. Построены и действуют около 15 промышленных установок бактериального выщелачивания в ЮАР, Австралии, Бразилии, США, Канаде, Замбии, Гане, России, а также большое количество опытно-промышленных установок в разных странах. Наиболее распространенные технологические подходы — это чановое, кучное и подземное бактериальное выщелачивание металлов [24–29].

Чановое выщелачивание используется в горнорудной промышленности для извлечения урана, золота, серебра и меди из окисных руд. Чановое выщелачивание предусматривает использование специфических штаммов микроорганизмов, полученных целенаправленной селекцией. Показана экономическая рентабельность чанового выщелачивания при извлечении металлов из коллективных метаколлоидных медно-цинковых, медно-никелевых, свинцово-цинковых, медно-висмутовых, сурьмяно-ртутных и других концентратов.

Кучное выщелачивание наиболее распространено при переработке медных и урановых руд. В отличие от чанового, технология кучного и подземного выщелачивания основана на активации деятельности природных микроорганизмов. Широкое применение в промышленных масштабах кучное выщелачивание меди и урана из руд и отвалов получило в США, странах африканского континента, Австралии, Испании и др. В СНГ применяется на Николаевском месторождении (Казахстан) для переработки отвалов забалансовых медноколчедановых руд [28].

В Одесском национальном университете проводятся работы по использованию микроорганизмов с практически полезными свойствами для очистки промышленных сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, токсичными металлами и ксенобиотиками, для восстановления биологической полноценности техногенных почв. В последние годы разрабатываются методы микробиологического извлечения редких и драгоценных металлов из промышленных концентратов и техногенных отходов.

Впервые проведены исследования по бактериальному выщелачиванию редких металлов, в том числе германия, из промпродуктов и техногенных отходов. В экспериментах по биовыщелачиванию использованы типовые (*Acidithioba-*

cillus ferrooxidans 23270), коллекционные (*A. thiooxidans 33*) и впервые выделенные из минерального сырья микроорганизмы (*Acidithiobacillus sp. 11* и *Acidithiobacillus sp. 13*). Типовой штамм *Acidithiobacillus ferrooxidans 23270* выбран в качестве модельного организма, поскольку его геном полностью сиквенирован и его описание представлено в основных базах данных [30–37]. Природные штаммы изолированы из промпродуктов и техногенных отходов: *Acidithiobacillus sp. 11* — из золоносных шлаков с содержанием германия 0,36 %, а *Acidithiobacillus sp. 13* — из свинцово-цинкового концентрата, в котором концентрация германия составляет 0,32 % [31, 32].

В процессе проведения исследований изучены основные физиолого-биохимические свойства и биологические особенности выделенных штаммов. Определены гидрофильно-гидрофобные свойства изучаемых штаммов и их способность прикрепляться к твердым поверхностям. Эти свойства играют значительную роль в процессе бактериального выщелачивания [34–36]. При проведении лабораторных модельных экспериментов показано влияние на процесс выщелачивания металлов из минерального сырья количественного и качественного состава питательной среды, интенсивности аэрации, значений рН, соотношения твердой и жидкой фазы, используемых штаммов [31–33].

Предварительные результаты свидетельствуют, что все используемые в процессе бактериального выщелачивания штаммы тионовых бактерий способствуют переходу германия, кальция, железа, свинца и цинка из твердых субстратов в раствор в течение 1–5 сут. Показана зависимость извлечения железа и цинка от фазы, к которой они приурочены в исходном сырье. Чем больше железа и цинка связано с серой в виде сульфидов, тем эффективнее протекает бактериальное окисление субстратов [32, 34]. При этом заметна большая активность природных штаммов, изолированных из продуктов выщелачивания: *Acidithiobacillus sp. 11* и *Acidithiobacillus sp. 13*. Отмечен более медленный переход цинка из сырья в раствор: его появление в жидкой фазе регистрировали только на вторые сутки. Скорость окисления свинца в первые 1–2 сут практически не зависит от содержания свинца и приуроченности его к определенным фазам, а также от используемого штамма [34, 35].

Интересным оказался факт увеличения концентрации энергетического субстрата, в нашем случае тиосульфата, в среде культивирования при бактериальном выщелачивании металлов. Превышение количества тиосульфата реги-

стрировали при использовании типового штамма *Acidithiobacillus ferrooxidans 23270* и *Acidithiobacillus sp. 11*. Полученные результаты позволяют предположить участие этих штаммов в процессах удаления серы с поверхности металлсодержащего субстрата.

Полученные лабораторные результаты подтверждают и дополняют немногочисленные современные данные о том, что тионовые бактерии обладают нужными для гидрометаллургии свойствами и могут быть положены в основу биотехнологии выщелачивания редких металлов из отходов энергетической и металлургической промышленности [29, 35–37].

Список литературы

1. Панов Б.С. Техногенные месторождения минерального и нетрадиционного сырья Украины и Донбасса // II Междунар. науч. конф. аспирантов и студентов «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». — Донецк, 2003. — С. 4–6.
2. Харлампиди Х.Э. Проблема сырья в обстановке истощения природных ресурсов // Сорос. образоват. журн. — 1999. — № 1. — С. 41–46.
3. Зайцев А.К., Похвиснев Ю.В. Экология и ресурсосбережение в черной металлургии // Там же. 2001. — Т. 7, № 3. — С. 52–58.
4. Панов Б.С. Современные проблемы экологии Донецкого бассейна // Геофиз. журн. — 2003. — № 3. — С. 3–7.
5. Крайнов С.Р., Фойгт Г.Ю., Закутин В.П. Геохимические и экологические последствия изменения химического состава подземных вод под влиянием загрязняющих веществ // Геохимия. — 1991. — № 2. — С. 169–182.
6. Полькин С.И., Адамов Э.В., Панин В.В. Технология бактериального выщелачивания цветных металлов. — М.: Недра, 1982. — 288 с.
7. Кузнецов С.И., Иванов М.В., Ляликова Н.Н. Введение в геологическую микробиологию. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — 352 с.
8. Каравайко Г.И., Дубинина Г.А., Кондратьева Т.Ф. Литотрофные микроорганизмы окислительных циклов серы и железа // Микробиология. — 2006. — Т. 75, № 5. — С. 593–629.
9. Соколова Г.А., Каравайко Г.А. Физиология и геохимическая деятельность тионовых бактерий. — М.: Наука, 1964. — 332 с.
10. Заварзин Г.А. Литотрофные микроорганизмы. — М.: Наука, 1972. — 322 с.
11. Современная микробиология. Прокариоты / Под ред. Й.Ленгелера, Г.Древса, Г.Шлегеля. — М.: Мир, 2005. — Т. 2. — С. 178–180.
12. Gericke M., Pinches A., van Rooyen J.V. Bioleaching of a chalcopyrite concentrate using an extremely thermophilic culture // Intern. J. Mineral Proc. — 2001. — Vol. 62, № 1. — P. 243–255.

13. Schippers A Chapter 1. Microorganisms involved in bioleaching and nucleic acid-based molecular methods for their identification and quantification // Microbial Proc. Metall Sulfides. Springer Netherlands. — 2007. — P. 3–33.
14. Bosecker K. Bioleaching : Metal Solubilization by Microorganisms // FEMS Microbiol. Rev. — 1997. — Vol. 20. — P. 591–604.
15. Norris P.R., Burton N.P., Foulis N.A. Acidophiles in bioreactor mineral processing // Extremophiles. — 2000. — Vol. 4. — P. 71–76.
16. Rowlings D.E., Silver S. Mining with microbes // Biotechnol. — 1995. — Vol. 13. — P. 773–778.
17. Sand W., Gehrke T., Jozsa P.G., Schippers A. (Bio)chemistry of bacterial leaching-direct vs. indirect bioleaching // Hydrometallurgy. — 2001. — Vol. 59. — P. 159–175.
18. Zeng Wei-min, Wu Chang-bin, Zhang Ru-bing, Hu Pei-lei et al. Isolation and identification of moderately thermophilic acidophilic iron-oxidizing bacterium and its bioleaching characterization // Trans. Nonferrous Met. Soc. China. — 2009. — Vol. 19. — P. 222–227.
19. Edwards K.J., Bond P.L., Gihring T.M., Banfield J.F. An archaeal iron-oxidizing extreme acidophile important in acid drainage // Sci. — 2000. — Vol. 65. — P. 1796–1799.
20. Цаплина И.А., Богданова Т.И., Савари Е.Е. и др. Исследование сообщества умеренно термофильных сульфобацилл в процессе окисления пиритно-арсенипиритного концентрата // Материалы IV Моск. междунар. конгр. «Биотехнология : Состояние и перспективы развития». — М. : Рос. хим.-технол. ун-т им. Д.И. Менделеева, 2007. — Ч. 2. — 325 с.
21. Silverman M.P., Ehrlich H.L. Microbial formation and degradation of minerals // Adv. Appl. Microbiol. — 1964. — Vol. 6. — P. 181–183.
22. Rodriguez Y., Ballaster A., Blazquez M.L. New information on the pyrite bioleaching mechanism at low high temperature // Hydrometallurgy. — 2003. — Vol. 71. — P. 37–46.
23. Куликова О.В., Розвага Р.И., Клец А.Н. О механизме биохимического окисления Fe (II) бактериями *Thiobacillus ferrooxidans* в условия промышленного производства биомассы коагулянта на основе Fe^{3+} // Цв. металлургия. — 2000. — № 7. — С. 29–31.
24. Полькин С.И., Адамов Э.В., Панин В.В. Технология бактериального выщелачивания цветных металлов. — М. : Недра, 1982. — 154 с.
25. Каравайко Г.И., Кузнецов С.И., Голомзик А.И. Роль микроорганизмов в выщелачивании металлов из руд. — М. : Наука, 1972. — 248 с.
26. Иванов В.И., Степанов Б.А. Применение микробиологических методов в обогащении и гидроталлургии. — М. : Металлургия, 1960. — 165 с.
27. Porro S., Ramirez S., Reche C., Curutchet G. Bacterial attachment its role in bioleaching processes // Proc. Biochem. — 1997. — Vol. 32. — P. 573–578.
28. Толстов Е.А., Першин В.Е. Совершенствование технологии добычи урана способом подземного выщелачивания // Горн. журн. Спец. вып. — 2002. — С. 121–124.
29. Kondratyeva T.F., Pivovarova T.A., Muntyan L.N., Karavaiko G.I. Strain diversity of *Thiobacillus ferrooxidans* and its significance in biohydrometallurgy // Biohydrometallurgy and the environment toward the mining of the 21st century / Eds. R.Amils, A.Ballester — Amsterdam : Elsevier, 1999. — Pt. V. — P. 89–96.
30. Васильева Т.В., Блайда И.А., Васильева Н.Ю., Слюсаренко Л.И. Изучение ацидофильных сероокисляющих бактерий и оценка их способности выщелачивать металлы // Тез. I Междунар. науч.-практ. конф. «Современные энерго- и ресурсосберегающие технологии. Проблемы и перспективы». — Одесса, 2009. — С. 109–110.
31. Васильева Т.В., Блайда И.А., Пискун Т.В. и др. Особенности роста и выщелачивания металлов из промышленных отходов тионовыми бактериями // Материалы Междунар. научн. конф. «Биотехнология». Пушино. — 2006. — С. 35.
32. Блайда И.А., Слюсаренко Л.И., Шанина Т.П. Методы исследования фазового состава германий-содержащего сырья // Укр. хим. журн. — 2006. — № 4. — С. 84–87.
33. Блайда И.А., Слюсаренко Л.И., Барба И.Н. Изучение фазового состава возгонов, содержащих германий и галлий // Экологические и ресурсосбережение. — 2008. — № 2. — С. 52–55.
34. Блайда И.А., Слюсаренко Л.И., Васильева Т.В. и др. Извлечение германия из промышленных отходов с применением гидроталлургических и микробиологических методов // Там же. — № 5. — С. 50–54.
35. Блайда И.А., Васильева Т.В., Слюсаренко Л.И. и др. Сравнительная характеристика химических и микробиологических методов с точки зрения извлечения германия из промпродуктов и промышленных отходов // Сб. материалов конф. «Поводження з промисловими та побутовими відходами. Проблеми і рішення» (Тернопільська обл., 1–5 лип. 2009 р.). — 2009. — С. 36–40.
36. Блайда И.А., Слюсаренко Л.И., Сацюк К.А. и др. Пути переработки золошлаковых отходов энергетики как сырья для производства редких металлов и глинозема // Там же. — С. 40–42.
37. Васильева Т.В., Васильева Н.Ю., Иваница В.А., Блайда И.А. Перспективы использования биотехнологических методов при переработке минерального сырья и отходов // Там же. — С. 48–50.

Поступила в редакцию 18.06.10

Extraction of Valuable Metals During Industrial Wastes Processing by Biotechnological Methods (Review)

Blayda I. A.

Odessa National University

The analysis of status and the prospects of industrial wastes processing by biotechnological methods application for valuable metals extraction is conducted. The advantages of the methods over traditional chemical ones are displayed. The results of thiobacterium application for germanium and concomitant non-ferrous metals extraction from coal ashes and lead and zinc production wastes are introduced.

Key words: leaching, germanium, strains, thiobacteria.

Received June 18, 2010

УДК 674.093.26

Огнестойкие прессованные строительные плиты из растительного сырья

Грабовский О.В.¹, Барбаш В.А.², Шабанов М.В.²

¹ УкрНИИ «Ресурс», Киев

² Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев

Разработана технология изготовления прессованных материалов из древесной стружки, отходов переработки льна и пшеничной соломы на основе карбамидоформальдегидной смолы с добавлением отечественных алюминий- и фосфатсодержащих препаратов. Технология позволяет повысить огнестойкость, снизить эмиссию формальдегида до 10 мг/100 г материала, температуру прессования на 45–55 °С, отказаться от импортного отвердителя.

Ключевые слова: огнестойкая прессованная строительная плита, древесная стружка, отходы льна, отходы пшеничной соломы.

Розроблено технологю виготовлення пресованих матеріалів із деревинної стружки, відходів переробки льону та пшеничної соломи на основі карбомідоформальдегідної смоли з додаванням вітчизняних алюміній- та фосфатмістких препаратів. Технологія дозволяє підвищити вогнестійкість, знизити емісію формальдегіду до 10 мг/100 г матеріалу, температуру пресування на 45–55 °С, відмовитися від імпортного затверджувача.

Ключові слова: вогнестійка пресована будівельна плита, деревинна стружка, відходи льону, відходи пшеничної соломи.

Одним из наиболее используемых в быту природных материалов является древесина, древесностружечные (ДСП) и древесноволокнистые прессованные материалы (ДВП) и изделия из них. Однако древесина и прессованные материалы, изготовленные из нее, являются горючими. Кроме того, ДСП и ДВП производятся в Украине на основе карбамидоформальдегидной смолы, которая не только пожароопасна, но и выделяет в процессе эксплуатации изделий из ДСП токсичное вещество — формальдегид, эмиссия которого по европейским нормативам для мебели и декоративных плит не

должна превышать 10 мг/100 г материала [1]. Фактический уровень эмиссии формальдегида из прессованных изделий, производимых в Украине, находится в пределах 12–20 мг/100 г материала, что практически закрывает путь отечественным производителям мебели из ДСП на европейский рынок. Зарубежные производители прессованных материалов в качестве связующего используют карбамидомеламиновую смолу, поэтому эмиссия формальдегида в их изделиях незначительна и обусловлена лишь наличием этого вещества в стружке хвойных деревьев, из которой прессуются строительные и декоративные