

О.Н. Исаев**ЭКОЛОГО-БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ
УТИЛИЗАЦИИ УГЛЕОТХОДОВ**

Прикладная микробиология позволяет осуществить биотехнологическое выщелачивание ряда ценных веществ из породной части углеотходов. При микробиологическом разрушении углистого вещества наблюдается образование гумусового вещества. Наилучшие результаты получены при микробном разрушении бурого угля, отходы которого сосредоточены в Подмосковном и Канско-Ачинском бассейнах. Учитывая тот факт, что для биотехнологической деструкции углеотходов в шахтных водах выбраны факультативные микробные популяции, возникает необходимость в реализации аэробного режима. Поэтому возникает необходимость при проведении специальных исследований, направленных на установление состава жидкой фазы питательной среды обеспечить необходимую аэрацию. Обоснованы параметры процесса аэрации для эколого-биотехнологической утилизации углеотходов шахтных вод.

Ключевые слова: эколого-биотехнологическая утилизация отходов, шахтные воды, бурый уголь, аэрации процесса, угледобывающее предприятие.

Наиболее распространенным направлением утилизации углеотходов в настоящее время являются способы, позволяющие получить из них дополнительную энергию за счет сжигания. Одни из них – основаны на приготовлении брикетов из измельченных углеотходов путем их прессования плунжерными или валковыми прессами. Для увеличения прочности брикетов при их изготовлении в измельченные углеотходы добавляют экологически безопасные связующие вещества, такие как битум, силикатный клей, поверхностно-активные вещества, органические смолы, лигнин и др. Калорийность брикетов на 10–15% ниже исходного угля, но вполне достаточна для использования их в быту и небольших котлоагрегатах. Возможно и прямое сжигание мелкодисперсных жидких углеотходов, потоком воздуха подаваемых в топку котлоагрегата посредством форсунок. Используются также измельченные углеотходы в качестве энергоносителя при изготовлении строительных кирпичей. В песчано-глинистую смесь добавляют 5–10%

жидких углеотходов по объему. Из полученной таким образом шихты изготавливают кирпичи и направляют их в обжиговую печь. Вследствие термического воздействия частицы угля, находящиеся внутри изделия, возгораются, что приводит к внутреннему обжигу кирпича. При данной технологии температура обжига в печи может быть снижена. Буроугольные отходы с повышенной зольностью иногда используются для выщелачивания из них ценных редкоземельных элементов.

С середины семидесятых годов прошлого века благодаря успехам прикладной микробиологии успешно проводятся исследования по биотехнологическому выщелачиванию ряда ценных веществ из породной части углеотходов по технологиям кучного и чанового выщелачивания [1]. В этой связи следует обратить пристальное внимание на положительные результаты по биотехнологическому разрушению углеотходов при восстановлении плодородия почв [2], очистки шлаков электростанций от несгоревшего угля и возможности получения биогаза из

углистых веществ [3]. Во всех случаях авторами установлено, что при микробиологическом разрушении углистого вещества наблюдается образование гумусового вещества. Наилучшие результаты получены при микробном разрушении бурого угля, отходы которого сосредоточены в Подмосковном и Канско-Ачинском бассейнах.

Исследования о возможности использования биотехнологии очистки шахтных вод от буроугольных взвешенных веществ и получения при этом из них гумусового вещества – относительно новое направление утилизации углеотходов.

Биотехнология очистки воды от буроугольных взвешенных веществ включает четыре основные фазы протекания процесса: первая фаза – гидролиз буроугольного вещества до образования органических соединений сложного состава; вторая фаза – метанообразование, обусловленная биоконвертированием гидролизного продукта в биогаз, включающий в себя метан, водород и частично оксид углерода с накоплением биомассы консорциума микроорганизмов; третья фаза – метаноокисление, включающая в себя последовательный процесс по схеме метан → метанол → формальдегид → муравьиная кислота → углекислый газ (с приростом биомассы); четвертая фаза – автолиза, характеризуется естественным распадом биомассы консорциума микроорганизмов и формированием гумусового вещества.

Экологическая значимость биотехнологического процесса очистки шахтных вод от буроугольных взвешенных веществ заключается в получении из них гумусового вещества.

Биотехнологические процессы являются одним из перспективных направлений развития хозяйственной деятельности людей. Данное обстоятельство обусловлено тем, что они отвечают основным условиям, про-

изводства: экономичности и управляемости. Причем процесс может осуществляться как в циклическом, так и непрерывном режимах.

Техническая реализация биохимического процесса разрушения буроугольных веществ возможна на приемах гомогенного и гетерогенного процессов в непрерывном режиме водопритока, с необходимым условием равенства потока шахтной воды D с константой скорости μ развития микробной популяции в них [4].

Бактериальная суспензия представляет собой водный раствор минеральных питательных веществ (солей фосфора, калия, микроэлементов, витаминов и др.) и некоторого минимального количества особей микробной популяции. Состав питательной среды для каждой микробной популяции подбирается индивидуально, исходя из химического состава субстрата.

Практика реализации биотехнологических процессов базируется в основном на двух основных технологических приемах.

Первый – гомогенный прием, при котором субстрат и бактериальная суспензия находятся в режиме тщательного перемешивания. Преимуществом гомогенного приема является то, что при этом достигается высокая степень аэрации.

Второй – гетерогенный прием, при котором субстрат представляет собой некоторое пористое твердое тело, через которое осуществляется принудительная фильтрация бактериальной суспензии некоторой микробной популяции. Недостатком данного приема является то, что приходится решать техническую задачу, связанную с предварительной аэрацией фильтрующего потока бактериальной суспензии.

Учитывая тот факт, что для биотехнологической деструкции углеотходов в шахтных водах выбраны факультативные микробные популяции, воз-

никает необходимость в реализации аэробного режима. Поэтому возникает необходимость при проведении специальных исследований, направленных на установление состава жидкой фазы питательной среды обеспечить необходимую аэрацию. По оценкам различных авторов, подача кислорода воздуха при биотехнологических процессах должна составлять 900 мг кислорода на один литр рабочей жидкости [5].

Практика реализации биотехнологических процессов располагает сведениями о насыщении рабочей жидкости кислородом воздуха путем подачи его от внешнего источника (компрессора) с последующим диспергированием воздуха в емкости, где содержится рабочая жидкость. Для увеличения растворимости кислорода она подвергается тщательному перемешиванию при помощи мешалки в турбулентном режиме. Мощность подводимой электроэнергии для перемешивания определяется по формуле [4]:

$$P = K_m \cdot \rho \cdot N^3 \cdot D_m^5 \cdot 10^{-2}, \text{ кВт} \quad (1)$$

где K_m – постоянная в соответствии с конструкцией мешалки при числе Рейнольдса $\geq 10^5$ турбулентного режима; ρ – плотность (жидкость-воздух), г/см³; D_m – диаметр мешалки, см; N – число оборотов мешалки, об/с.

Конструкция мешалки по данным, представляет собой вертикальные лопасти, шириной 0,10 м, укрепленные на валу приводного механизма (электродвигателя).

Число оборотов мешалки N определяется техническими характеристиками асинхронного электропривода, которая в основном составляет 1400 об/мин.

Диаметр лопастей мешалки для емкости с рабочей жидкостью должна составлять 0,7 диаметра сосуда где находится жидкость [4]. Практика реализации биотехнологических процессов в основном использует сосуды 1–1,5 м. Учитывая тот факт, что биотехнологию

очистки шахтных вод целесообразно проводить в подземных условиях непосредственно в накопителях, диаметр которых превышает общепринятые диаметры промышленных биотехнологических сосудов, возникает необходимость в расчете количества мешалок для реальных диаметров накопителя:

$$n = \frac{V_n}{0,7 \cdot V_6} = \frac{V_n}{0,7 \cdot \pi \cdot d_6^2 \cdot h} = \frac{\pi \cdot d_n^2 \cdot h_n}{0,7 \cdot \pi \cdot d_6^2 \cdot h_6} = \frac{d_n^2 \cdot h_n}{0,7 \cdot d_6^2 \cdot h_6}, \text{ ед.} \quad (2)$$

где V_n – рабочий объем накопителя при условии постоянной откачки воды из него, м³; V_6 – рабочий объем общепринятой биотехнологической емкости; h_n – глубина накопителя по правилам безопасности (ПБ) не более 1,5 м; d_n – диаметр накопителя, м; d_6 – диаметр общепринятой биотехнологической емкости, м (1–2); h_6 – высота общепринятой биотехнологической емкости, м.

Например при d_n и d_6 равными 15 и 1,5 м соответственно, глубине накопителя h_n и высоте h_6 равными 1,5 м количество мешалок будет составлять:

$$n = \frac{d_n^2 \cdot h_n \cdot 10^{-1}}{0,7 \cdot d_6^2 \cdot h_6} = \frac{15^2 \cdot 1,5 \cdot 10^{-1}}{0,7 \cdot 1,5^2 \cdot 1,5} = 14,28 \text{ ед.} \quad (3)$$

Принимаем к установке в накопителе 15 мешалок. Общий расход электроэнергии с учетом (1) составит:

$$P_{\text{общ}} = P \cdot n, \text{ кВт} \quad (4)$$

Общий суточный расход воздуха для аэрации шахтной воды в накопителе составляет:

$$Q_b = \frac{Q \cdot P_n}{p_{O_2}}, \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (5)$$

где Q – суточный водоприток шахтной воды, м³/сут; P_n – среднее давление воздуха в шахтном пневмоставе от компрессорных установок, кг/см²;

pO_2 – парциальное давление кислорода в воздухе, кг/см².

Приведенный порядок расчета позволяет установить необходимый расход воздуха на аэрацию шахтных вод, который зависит от объема водопритока в горные выработки, с учетом конструктивных особенностей аэратора и рассчитать расхода электроэнергии на

аэрацию. Выполненное обоснование расхода воздуха и электроэнергии позволяет осуществить непосредственно в геотехнологических условиях угольного предприятия эколого-биотехнологическую утилизацию углеотходов и обеспечить рабочую жидкость кислородом путем диспергирования воздуха в емкости, где она содержится.

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Исаев Олег Николаевич – кандидат биологических наук, доцент, Институт инженерной экологии и химического машиностроения Университета машиностроения (МАМИ), e-mail: isaevoleg75@mail.ru.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биотехнология металлов. Практическое руководство. – М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1989.

2. Перспективные биотехнологии в угольной промышленности. Обзор. – М.: ЦНИИЭИуголь, 1992.

3. Занина И.А. Совершенствование процесса биоконверсии углеотходов в энерго-

носители посредством выбора биологически активного комплекса. Автореферат дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. – М.: Фонды РУДН, 1995.

4. Малек И., Фепил З. Непрерывное культивирование микроорганизмов. – М.: Пищевая промышленность, 1968.

5. Бейли Дж., Оллис Д. Основы биохимической инженерии. – М.: Мир, 1989–1990. **ПЛАБ**

UDC 628.39:663.5

ECOLOGICAL AND BIOTECHNOLOGICAL AREAS DISPOSAL PLETHODON

Isaev O.N., Candidate of Biological Sciences, Assistant Professor, e-mail: isaevoleg75@mail.ru, Moscow State University of Mechanical Engineering, Institute of Environmental Engineering and Chemical Engineering, Moscow, Russia.

Applied Microbiology allows biotech leaching of a number of valuable substances from the waste part of plethodon. Microbiological destruction of carbonaceous substances observed the formation of humic substances. Best results are obtained when the microbial destruction of brown coal, waste which are concentrated in Moscow and Kansk-Achinsk basins. Given the fact that for biotechnological destruction plethodon in mine waters of the selected optional microbial population, there is a need to implement aerobic mode. Therefore there is a necessity when conducting special studies aimed at establishing the composition of the liquid phase of the nutrient medium to provide the necessary aeration. The article explains the process parameters aeration for environmental biotechnology disposal plethodon mine water.

Key words: ecological and biotechnological waste management, mine water, brown coal, aeration process, coal mining enterprise.

REFERENCES

1. *Biokhnologiya metallov. Prakticheskoe rukovodstvo* (Biotechnology of metals. A practical guide), Moscow, Tsentr mezhdunarodnykh projektov GKNT, 1989.

2. *Perspektivnye biokhnologii v ugol'noi promyshlennosti. Obzor* (Promising biotechnology in the coal industry. Overview), Moscow, TsNIIElugol', 1992.

3. Zalina I.A. *Sovershenstvovanie protsessa biokonversii ugleotkhodov v energonositeli posredstvom vybora biologicheskii aktivnogo kompleksa* (Improving the process of bioconversion of plethodon in energy by selecting biologically active complex), Candidate's thesis, Moscow, Fondy RUDN, 1995.

4. Malek I., Fepil Z. *Nepreryvnoe kul'tivirovanie mikroorganizmov* (Continuous cultivation of microorganisms), Moscow, Pishchevaya promyshlennost', 1968.

5. Beili Dzh., Ollis D. *Osnovy biokhimicheskoi inzhenerii* (Fundamentals of biochemical engineering), Moscow, Mir, 1989–1990.