

УДК 628.44.(575.2)(04)

## БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КЫРГЫЗСТАНА

*О.Ш. Шамшиев, А.С. Куйчиев, А.К. Киргизбаев*

Рассмотрены особенности использования биотехнологических методов очистки сточных вод на горнорудных предприятиях Кыргызстана.

*Ключевые слова:* недра; полезные ископаемые; производственные сточные воды; биологическая технология; горнорудное производство.

Кыргызстан расположен на северо-востоке Средней Азии, его площадь составляет 198,5 тыс. кв. км. Недра республики богаты различными полезными ископаемыми. С метаморфическими, магматическими и осадочными толщами Северного Тянь-Шаня связаны месторождения цветных и полиметаллов (Ак-Тюз, Борду и др). С гнейсами, кристаллическими сланцами, амфиболитами и мраморами Внутреннего Тянь-Шаня сопряжены месторождения молибдена, железной руды, олова; с карбонатными и вулканогенными породами Алай-Туркестанской системы гор – месторождения сурьмы и ртути.

Горючие полезные ископаемые (уголь, нефть, газ) приурочены к межгорным впадинам. Наиболее богатые из них юрские угли (каменные и бурые) находятся в Южно-Иссыккульском, Кабакском, Северо-Ферганском и Южно-Ферганском районах республики.

Во всех этих районах ведется промышленная разработка месторождений, действуют горнорудные предприятия. Большинство предприятий расположены в горных районах, где активно идут процессы эолового и водного смыва. Истоки многих рек Амударьинского, Сырдарьинского и др. водных бассейнов берут начало на территории Кыргызской Республики. Практически все населенные пункты (села, города) расположены вблизи поверхностных водных артерий. В связи с этими и многими другими факторами, вопросы охраны водной среды Кыргызстана требуют особого внимания.

Очистка промышленных и других сточных вод осуществляется на канализационных очистных сооружениях промышленного предприятия

(локальных), где для этого применяются специальные методы обработки (например, дезинфекция, нейтрализация и др.), и на центральных или городских очистных сооружениях, где очистке подвергаются сточные воды города или поселка. С учетом технологии производства предприятия в локальных очистных станциях применяются разные методы очистки: фильтрация, отстаивание, напорная флотация, электрофлотация, электрокагуляция, хлорирование и многие другие. Кроме этого, на центральных или городских очистных сооружениях в целях повышения качества очистки широко применяются биологические методы.

Биологические методы очистки сточных вод основываются на естественных процессах жизнедеятельности гетеротрофных микроорганизмов. Микроорганизмы, как известно, обладают целым рядом особых свойств, из которых следует выделить три основных, широко используемых для целей очистки:

- способность потреблять в качестве источников питания самые разнообразные органические (и некоторые неорганические) соединения для получения энергии и обеспечения своего функционирования;
- свойство быстро размножаться. В среднем число бактериальных клеток удваивается через каждые 30 минут (при достаточной положительной температуре);
- способность образовывать колонии и скопления, которые сравнительно легко можно отделить от очищенной воды в ходе процессов изъятия содержащихся в ней загрязнений.

В живой клетке микроорганизмов непрерывно протекают два процесса – распад моле-

кул (катаболизм) и их синтез (анаболизм), что в целом составляет процесс обмена веществ – метаболизм. Иными словами процессы деструкции потребляемых микроорганизмами органических соединений неразрывно связаны с процессами биосинтеза новых микробных клеток, различных промежуточных или конечных продуктов, на проведение которых расходуется энергия, получаемая микробной клеткой в результате потребления питательных веществ. Источником питания для гетеротрофных микроорганизмов являются углеводы, жиры, белки, спирты и т.д., которые могут расщепляться ими либо в аэробных, либо в анаэробных условиях. Значительная часть продуктов микробной трансформации может выделяться клеткой в окружающую среду или накапливаться в ней. Некоторые промежуточные продукты служат питательным резервом, который клетка использует после истощения основного питания.

Механизм изъятия из раствора и последующей диссимиляции субстрата носит весьма сложный и многоступенчатый характер взаимосвязанных и последовательных биохимических реакций, определяемых типом питания и дыхания бактерий. Достаточно сказать, что многие аспекты этого механизма не совсем ясны до сих пор, несмотря на его практическое использование как в области биотехнологии, так и в области биохимической очистки воды от органических примесей в широком спектре схем его технологического оформления.

Наиболее ранняя модель процесса биохимического изъятия и окисления загрязнений основывалась на трех главных положениях: сорбционное изъятие и накопление изымаемого вещества на поверхности клетки; диффузионное перемещение через клеточную оболочку либо самого вещества, либо продуктов его гидролиза, либо гидрофобного комплекса, образуемого гидрофильным проникающим веществом и белком посредником; метаболическая трансформация поступивших внутрь клетки питательных веществ, обеспечивающая диффузионное проникновение вещества в клетку.

В соответствии с этой моделью считалось, что процесс изъятия питательных веществ из воды начинается с их сорбции и накопления на поверхности клетки, для чего требуется постоянное перемешивание биомассы с субстратом, обеспечивающее благоприятные условия для “столкновения” клеток с молекулами субстрата. Процесс стабильного потребления вещества начинался лишь после некоторого “периода равно-

весия” вещества между раствором и клетками, объяснявшегося протеканием гидролиза и диффузионным перемещением вещества через клеточную оболочку до цитоплазматической мембраны, где сосредоточены различные ферменты. С началом метаболических превращений сорбционное равновесие нарушается, и концентрационный градиент обеспечивает непрерывность дальнейшего поступления в клетку. На третьем же этапе происходят все метаболические превращения субстрата частично в такие конечные продукты, как диоксид углерода, вода, сульфаты, нитраты (процесс окисления органических веществ), частично в новые микробные клетки (процесс синтеза биомассы), если процесс трансформации органических соединений происходит в аэробных условиях, то процесс называется нитрификацией. Если же биохимическое окисление протекает в анаэробных условиях, то в его процессе могут образовываться различные промежуточные продукты.

Процессы биохимического окисления у гетеротрофных микроорганизмов делят на три группы в зависимости от того, что является конечным акцептором водородных атомов или электронов, отщепляемых от окисляемого субстрата. Если акцептором является кислород, то этот процесс называют клеточным дыханием или просто аэробным, если акцептор водорода – органическое вещество, то процесс окисления называют брожением; наконец, если акцептором водорода является неорганическое вещество типа нитратов, сульфатов и др., то процесс называют анаэробным дыханием или просто анаэробным.

Наиболее полным является процесс аэробного окисления, так как его продукты – вещества, не способные к дальнейшему разложению в микробной клетке и не содержащие запаса энергии, которая могла бы быть высвобождена обычными химическими реакциями. Главные из этих веществ, как уже отмечалось – диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ) и вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

Аэробная диссимиляция субстрата – углеводов, белков, жиров – носит характер многостадийного процесса, включающего первоначальное расщепление сложного углеводсодержащего на более простые субъединицы (к примеру, полисахариды – в простые сахара; жиры – в жирные кислоты и глицерол; белки – в аминокислоты), подвергающиеся, в свою очередь, дальнейшей последовательной трансформации.

Брожение является процессом неполного расщепления органических веществ, преимуществен-

но углеводов в бескислородных условиях, в результате которого образуются различные промежуточные частично окисленные продукты, такие как спирт, глицерин, муравьиная, молочная, пропионовая кислоты, бутанол, ацетон, метан и др.

Описанные выше биохимические процессы являются теоретической основой биологических методов очистки сточных вод. В XX в. в период научно-технического процесса очистку городских и промышленных сточных вод осуществляли в искусственно созданных условиях на специальных сооружениях – аэротанках и биофильтрах, в которых выращивался “активный ил” или биопленка для осуществления процессов биохимического окисления загрязненных сточных вод. Эти инженерные сооружения довольно энергоемки и дорогостоящи, а также требуют постоянного технического обслуживания. Наряду с такими сооружениями уже много десятиле-

тий используются естественные биопруды. Они просты по строению, надежны и дешевы. Поэтому такой метод очистки вновь стал привлекать внимание и уже получил широкое распространение в развитых странах. Климатические и природные условия нашей республики позволяют широко применять биологические пруды для очистки промышленных и бытовых сточных вод в течение почти всего года.

#### ***Перечень использованных источников***

*Яковлев С.В., Карюхина Т.А.* Биологические процессы в очистке сточных вод. М.: Стройиздат, 1981. 200 с.

*Карелин Я.А., Жуков В.И., Жуков Д.Р.* Очистка сточных вод в биологических прудах. М.: МИСИ, 1986. 72 с.

Атлас Кыргызской Республики. М., 1987.