**Биологическая очистка сточных вод**

Ещё в городах древнего Египта, Греции и Рима существовали канализационные системы, по которым отходы жизнедеятельности людей и животных транспортировались в водоёмы – реки, озера и моря. В Древнем Риме перед сбросом в Тибр канализационные стоки накапливались и выдерживались в накопительном пруде-отстойнике-клоаке (cloaca maxima). В Средние века этот опыт был в значительной степени забыт, потом, экскременты людей и животных, выливались на городские улицы и удалялись эпизодически. Это являлось причиной загрязнения и заражения источников питьевой воды и приводило к возникновению эпидемий холеры, тифа, амебной дизентерии и др. В начале 19 века в Англии был изобретен туалет с водяным смывом (water closet, WC). Возникла очевидная необходимость в обработке сточных вод и предотвращения их попадания в источники питьевой воды. Сточные воды собирали и выдерживали в больших емкостях, осадок использовали в качестве удобрений. В начале двадцатого века были разработаны интенсивные системы очистки бытовых сточных вод, включая поля орошения, где вода очищалась, фильтруясь через почву, струйные фильтры со щебневой и песчаной загрузкой, а также резервуары с принудительной аэрацией – аэротенки. Последние являются основным узлом современных станций аэробной очистки городских сточных вод. Первоначально основной целью очистки стоков являлось их обеззараживание. Понимание важности качественной очистки сточных вод для охраны природных водоемов пришло позже. Проблемой чистой воды является одной из актуальнейших проблем наступившего века. Для сохранения мест забора питьевой воды чистыми необходима качественная очистка сточных вод, производство которых Украине достигает 500 литров в сутки на душу городского населения. В настоящее время разработаны и развиваются современные технологии очистки сточных вод. Наибольший интерес и перспективу имеют естественные и самые дешевые биологические методы очистки, представляющие собой интенсификацию природных процессов разложения органических соединений микроорганизмами в аэробных или анаэробных условиях.

Очистка сточных вод подразумевает практически полное биологическое разложение органических соединений в воде. По существующим нормам, содержание органических веществ в очищенной воде не должно превышать 10 мг/л.

Биохимическая очистка основана на использовании закономерностей биохимического и физиологического самоочищения рек. Этот процесс протекает благодаря способности некоторых микроорганизмов разрушать органические и некоторые неорганические соединения (например, сульфиды и соли аммония), превращая их в безвредные соединения. – продукты окисления – воду, двуокись углерода, нитрат и сульфаты.

Деградация органических веществ микроорганизмами в аэробных и анаэробных условиях осуществляется с разными энергетическими балансами суммарных реакций. При аэробном биоокислении глюкозы 59% энергии, содержащейся в ней, расходуется на прирост биомассы и 41% составляет тепловые потери. Этим обусловлен активный рост аэробных микроорганизмов. Чем выше концентрация органических веществ в обрабатываемых стоках, тем сильнее разогрев, выше скорость роста микробной биомассы и накопления избыточного активного ила. При анаэробной деградации глюкозы с образованием метана лишь 8% энергии расходуется на прирост биомассы, 3% составляют тепловые потери и 89% переходит в метан. Анаэробные микроорганизмы растут медленно и нуждаются в высокой концентрации субстрата.

Аэробный процесс: С6Н12О6+6О2–>6СО2 +6Н2О+ микробная биомасса + тепло.

Анаэробный процесс: С6Н12О6–>3СН4 +3СО2+ микробная биомасса + тепло.

*Аэробный* осуществляется бактериями при наличии в воде кислорода и является основным способом биоочистки. Существует несколько видов устройств, использующих аэробный принцип.

В биофильтрах сточные воды пропускаются через слой крупнозернистого материала, покрытого тонкой бактериальной плёнкой. Благодаря этой плёнке, служащей действующим началом, быстро протекают процессы биологического окисления.

В биологических прудах в очистке сточных вод принимают участие все организмы, населяющие водоём.

В аэротенках (огромных резервуарах из железобетона) очищающим началом служит активный ил из различных микроорганизмов. Их развитию способствуют органические вещества, поступающие со сточными водами, а так же искусственно создаваемый избыток кислорода. Ферменты, выделяемые микроорганизмами, минерализуют органические загрязнения.

Биологический метод даёт хорошие результаты при очистке коммунальных стоков. Он применяется и при очистке стоков предприятий целлюлозно-бумажной, нефтеперерабатывающей промышленности.

Аэробное микробное сообщество представлено разными микроорганизмами, в основном бактериями, окисляющими различные органические вещества в большинстве случае независимо друг от друга, хотя окисление некоторых веществ осуществляется путем соокисления (кометаболизм). Аэробное микробное сообщество активного ила систем аэробной очистки воды представлено исключительным биоразнообразием. В последние годы с помощью новых молекулярно-биологических методов, в частности специфических рРНК проб, в активном иле показано присутствие бактерий родов *Paracoccus,* *Caulobacter*, *Hyphomicrobium, Nitrobacter, Acinetobacter*, и т.д.

Считается что к настоящему времени идентифицировано не более 5% видов микроорганизмов, участвующих в аэробной очистке воды. Следует отметить, что многие аэробные бактерии являются факультативными анаэробными. Они могут расти в отсутствии кислорода за счет других акцепторов электрона (анаэробное дыхание) или брожения (субстратное фосфорилирование). Продуктами их жизнедеятельности являются углекислота, водород, органические кислоты и спирт.

*Анаэробный* осуществляется бактериями, не требующими кислорода и заключаются в сбраживании загрязняющих веществ в закрытых аппаратах без доступа воздуха – метатенках и может применяться для предварительной подготовки стоков, с большим содержанием органических осадков.

Биологической очистке сточных вод обычно предшествует механическая очистка. А следуют за ней химические и физико-химические методы (хлорирование, электролиз, озонирование).

Анаэробная деградация органических веществ, при метаногенезе осуществляется как многоступенчатый процесс, в котором необходимо участие по мере четырех групп микроорганизмов: гидролитиков, бродильщиков, ацетаногенов и метаногенов. В анаэробном сообществе между микроорганизмами существуют тесные и сложные взаимосвязи, имеющие аналоги в многоклеточных организмах, поскольку ввиду субстатной специфичности метагенов, их развитие невозможно без трофической связи с бактериями предыдущих стадий. В свою очередь метановые археи, используя вещества, продуцируемые первичными анаэробными, определяют скорость реакций, осуществляемых этими бактериями. Ключевая роль в анаэробной деградации органических веществ до метана играют метановые археи родов *Methanosarcina, Methanosaeta (Methanothrix*), *Methanomicrobium* и другие. При их отсутствии или недостатке анаэробное разложение заканчивается на стадии кислотогенного и ацетогенного брожений, что приводит к накоплению летучих жирных кислот, в основном масляной, пропионовой и уксусной, снижению рН и остановке процесса.

*Биоплато.* Прогрессивным развитием методов естественной биологической очистки являются биоинженерные сооружения типа биоплато. Для очистки и доочистки сточных вод населенных пунктов могут быть использованы конструкции типа инфильтрационных и поверхностных биоплато.

Инфильтрационное биоплато – инженерное сооружение, размещенное, как правило, в котловане глубиной до 2 м, на дне которого устраивается противофильтрационный экран из полиэтиленовой пленки. Поверх крана укладывается горизонтальный дренаж и слой щебня, песка, керамзита или другого фильтрующего материала. Поверхность сооружения засаживается камышом, тростником, рогозом и другими местными видами высшей водной растительности из расчета не менее 10–12 стеблей на 1 – 2 м.

По технологии биоплато в очистке воды принимает участие сообщества водных (на поверхности блока) и почвенных (в фильтрующем слое) микроорганизмов, высшая водная растительность и сам фильтрующий слой.

Очистные сооружения типа биоплато: А – инфильтрационное биоплато; Б – поверхностное биоплато: 1 – подача воды на очистку; 2 – отстойник; 3 – осадок; 4 – распределительный трубопровод; 5 – противофильтрационный экран; 6 – растительный грунт; 7 – песок; 8 – щебень; 9 – дренаж; 10 – высшая водная растительность; 11 – каменная наброска; 12 – очищенная вода

Поверхностное биоплато также размещается в котловане и имеет противофильтрационный экран. Роль дренажа выполняет каменная наброска, вместо фильтрующего слоя укладывается грунт котлована, поверхность которого засаживается высшей водной растительностью. Высшая водная растительность, кроме очистительной функции, обеспечивает повышенную транспирацию (испарение) очищаемой жидкости в летний период примерно на 10-15%. Транспирационные свойства высшей водной растительности могут быть использованы также для ускорения подсушивания иловых площадок, повышения пропускной способности и эффективности очистки полей фильтрации.

Очистные сооружения по технологии биоплато состоят, как правило, из нескольких блоков, располагаемых каскадом, причем блок поверхностного биоплато является концевым. В состав сооружения биоплато в качестве концевого может быть включен болотистый участок (естественное поверхностное биоплато) с наличием достаточных зарослей высшей водной растительности. Начальным блоком сооружения является отстойник, где происходит удаление крупных включений и взвешенных веществ.

По технологии биоплато обеспечивается очистка хозяйственно-бытовых сточных вод по БПК до 5–10 мг/л, по взвешенным веществам – до 8–12 мг/л, причем наличие взвешенных веществ в основном связано с выносом их из фильтрующего слоя. Значительно (на 40–70%) снижается содержание соединений азота и фосфора. Сооружения биоплато, удачно расположенные по рельефу местности, не требуют применения электроэнергии, химикатов и обеспечивают надежную работу как в летний, так и в зимний период. Для очистки производственных сточных вод по технологии биоплато требуется производить их предочистку в соответствии с особенностями их состава и свойств.

Необходимо отметить, что существующими методами очистить сточные воды полностью, на 100% не только технически невозможно, но и экономически нецелесообразно. После определённой границы затраты на каждый дополнительный процент очищения возрастают по экспоненте. Поэтому обычно поступают так – очищают воду до определённой экономически обоснованной границы, затем разбавляют её чистой водой таким образом, чтобы содержание примесей не превышало определённые предельно допустимые значения. Биопрепараты как средство для инициации и интенсификации очистки сточных вод.

В настоящее время существует множество биопрепаратов, используемых для очистки сточных вод. Это консорциумы микроорганизмов, выделенные методом накопительных культур обычно из активного ила аэротенков городских сооружений очистки сточных вод. Они используются для очистки сточных вод местного значения, например в селах, дачных и коттеджных поселках, небольших поселках городского типа, мини – заводах и т.п. Биопрепараты, содержащие органическое число видов микроорганизмов, по спектру разлагаемых веществ уступают свежему активному илу. Однако, они содержат быстро растущие штаммы, которые инициируют процессы разложения органических загрязнений. В не стерильном процессе развиваются также микроорганизмы, содержащие в отходах, и в микробное сообщество включаются недостающие звенья.

Действие микроорганизмов биопрепаратов в том, что в процессе своей жизнедеятельности они вырабатывают ферменты, которые способны, расщеплять жиры, белки и другие сложные вещества органического происхождения на более простые органические вещества, которые легко разлагаются ими до углекислоты и простых соединений азота. После добавления препарата возрастает концентрация микроорганизмов, а следовательно и степень очистки. Клетки микроорганизмов иногда иммобилизуют на твердом дисперсном носителе, который может служить дополнительным источником азота и фосфора. Препараты содержат ассоциации 6–12 штаммов аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов, обеспечивающих комплексную очистку сточной воды от органических загрязнений: жиров, белков, сложных углеводов, и даже (специализированные) от нефтепродуктов. В качестве питательных элементов биопрепараты содержат соли азота и фосфора, которые стимулируют рост микроорганизмов и выработку микроорганизмами липолитических, амилазолитических, карбогидразных, и других ферментов, максимально облегчающих разложение органики. Аналогичные биоактиваторы, но с несколько другим составом, применяются так же при производстве компоста, в биотуалетах и т.п.

Вывод. Преимуществом аэробной очистки является высокая скорость и использование веществ в низких концентрациях. Существенными недостатками, особенно при обработке концентрированных сточных вод, является высокие энергозатраты на аэрацию и проблемы, связанные с обработкой и утилизацией больших количеств избыточного ила. Аэробный процесс используется при очистке бытовых, некоторых промышленных и свиноводческих сточных вод с ХПК не выше 2000. Исключить указанные недостатки аэробных технологий может предварительная анаэробная обработка концентрированных сточных вод методом метанового сбраживания, которая не требует затрат энергии на аэрацию и более того сопряжена с образованием ценного энергоносителя – метана. Преимуществом анаэробного процесса является также относительно незначительное образование микробной биомассы. К недостаткам следует относить невозможность удаления органических загрязнений в низких концентрациях. Для глубокой очистки концентрированных сточных вод анаэробную обработку следует использовать в комбинации с последующей аэробной стадией. Выбор технологии и особенности обработки сточных вод определяется содержанием органических загрязнений в них.

Сточные воды больших городов и небольших поселков значительно отличается по концентрации органических загрязнителей. Содержание органических загрязнителей в сточных водах больших городов не превышает 500 мг/л, составляя обычно 200–300 мг/л. Бытовые сточные воды небольших населенных пунктов содержат больше органики, от 500-1000 г./л и более. В современных дачных и коттеджных поселках часто туалетные и кухонные сточные воды, содержащие большое количество органических загрязнений, отделяются от стоков ванных комнат. Для очистки сточных вод интенсивно развивающихся коттеджных поселков строятся локальные очистные сооружения, для пуска которых и вывода на рабочий необходимо использовать активный ил городских станций аэрации или специальные микробные препараты.

**Список использованной литературы**

1. Васильев Г.В., Ласков Ю.М., «Водное хозяйство и очистка сточных вод предприятий текстильной промышленности». М.: Легкая индустрия, 1976.
2. Вишаренко В.С. «Принципы управления качеством окружающей среды городов. Урбоэкопогия.» М.: Наука. 1990.
3. Стольберг Ф.В. «Экология города» учебник. К.: Либра. 2000.
4. Трочешников Н.С., Родионов А.И., Кельцев И.В., «Техника защиты окружающей среды» Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Химия, 1981.
5. Юрьев Б.Т. «Очистка сточных вод малых объектов». Рига, Авотс, 1983.