

Celpox[®]

Bioreaktors

Celpox[®] - БИОРЕАКТОР (биоаэратор)

Промышленный аэробный биохимический процесс за последние десять лет получил значительное развитие в ускорении реакций и повышении эффективности используемых реакторов(аэраторов). Возникает только вопрос, почему очень похожие процессы активного ила при обработке стоков не привели до сих пор к должному развитию или каким-либо улучшениям. Оба процесса(ускорения реакций; повышение эффективности аэрации) в основном требуют быстрого растворения кислорода в воде и одинаково быстрого переноса растворенного молекулярного кислорода внутрь микроорганизмов.

Известные на сегодняшний день системы аэрирования, используемые в аэротэнках, способны растворять кислород в воде более или менее эффективно и быстро, но ни одна из них не способна быстро переносить растворенный кислород внутрь клеток. Важности последней фазы – для процесса в целом – не были посвящены основные усилия производителей аэраторов. Их главной заботой было обеспечение хороших показателей растворенного кислорода в тестировании чистой воды.

Всестороннее исследование наиболее популярных систем аэрации в Швеции и Германии было проведено до этого когда патент на Celpox[®] был подвержен.

Что касается Швеции, то исследование продемонстрировало удивительное единообразие. Мелкопористое донное аэрирование с помощью мембранных аэраторов доминировало на рынке, имея разные формы, но очень похожие по дизайну и эксплуатационных характеристик. Все эти системы способны давать хорошие показатели по растворению кислорода, но только в чистой воде. В загрязненной воде α -значение изменяется в диапазоне 0.08 – 0.6.

Ситуация в Германии отличалась от шведской. Мелкопористые системы там тоже были установлены, но не так однозначно, как в Швеции. Продолжали устанавливаться в большом количестве механические аэраторы и разрабатывались новые системы. Пузырьковые системы аэрации часто дополнялись механическими мешалками. Крупные химические компании разрабатывали компактные биосистемы для собственных нужд.. Среди них Hoechst Bio-Hoch-Reaktor, где процесс активного ила протекает при высокой плотности энергии и турбуленции в реакторе [1]. Более критическая и стойкая позиция в выборе систем аэрирования в Германии может быть обусловлена тем фактом, что стоимость энергии здесь в два раза выше, чем стоимость энергии гидроэлектростанций в Швеции. Поставщики аэрационных систем должны давать гарантии для потребителей , как при короткой, так и при длительной

AB CELPATEKNIK

AS J.I.T.

Lindgården Vårdnäs, SE-590 41, Rimforsa, Sweden

Tel./Fax: +46 13 413 15 ; celpox@celpateknik.se

70101, Lastekodu 4/4, Viiratsi, Viljandimaa Tel +372 43 94 105.

Fax: +372 43 94 108; info@jit.ee; www.jit.ee

эксплуатации, часто выражаемые в кг удаленных ПБК на кВтч потребляемой энергии в практической обработке сточной воды.

Очевидная тенденция в Германии относительно более высокой плотности энергии в бассейнах с активированным илом поставила перед нашей командой по разработке вопрос, действительно ли подъем малых и слабых пузырьков является правильным методом для обеспечения живой клеточной массы кислородом и для формирования базы быстрой и эффективной биооксигенации.

Для разработки новой реакционной системы, способной отвечать передаваемым и важным требованиям активной биомассы, группа по разработке процесса Celproх® была дополнена экспертами по микробиологии и биохимии. Скоро стало очевидным, что растворение кислорода в воде является гораздо меньшей проблемой, чем обеспечение переноса растворенного кислорода быстро и в достаточно больших количествах внутрь клеток, где в основном происходит элиминирование растворенных загрязнений и метаболизм.

Наиболее важным и разборчивым помощником в любой аэрирующей системе является микроорганизм, который способен снижать в пределах своей клеточной стенки содержание растворенного органического материала в загрязненной воде в бассейне с активированным илом. Клетка бактерии в основном имеет строение как показано на рисунке 1.

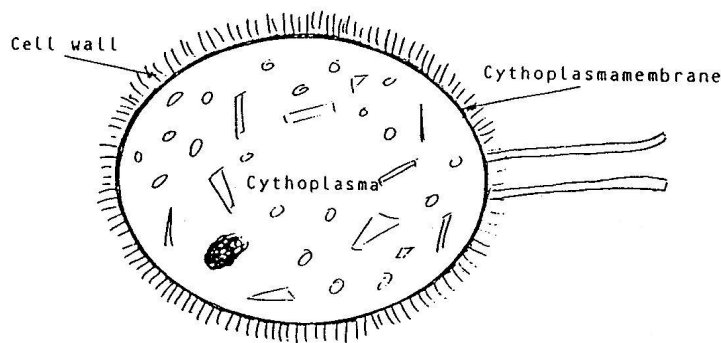


Рисунок 1.

Cell wall	-	Клеточная стенка
Cytoplasmic membrane	-	Цитоплазматическая мембрана
Cytoplasm	-	Цитоплазма

Размер клетки примерно 1/1000 миллиметра. Клеточная стенка эластична и позволяет проникновение солей и низкомолекулярных веществ в обоих направлениях. Она в принципе выполняет механические функции. Цитоплазматическая мембрана является полупроницаемой и контролирует вход и выход растворенных веществ и осмотическое давление в клетке. Цитоплазма является коллоидной суспензией, содержащей гидрокарбонаты, белки, бактериальное ядро, несущее ДНК(DNA) и для необходимого синтеза белка рибонуклеиновую кислоту, РНК (RNA).

Основная часть биохимической оксидации и метаболизма происходит в клетке. Поэтому все материалы, участвующие в этих процессах, такие как источники углерода и молекулярный кислород,

AB CELPATEKNIK

Lindgården Vårdnäs, SE-590 41, Rimforsa, Sweden

Tel./Fax: +46 13 413 15 ; celpox@celpateknik.se

AS J.I.T.

70101, Lastekodu 4/4, Viiratsi, Viljandimaa Tel +372 43 94 105.

Fax: +372 43 94 108; info@jit.ee; www.jit.ee

должны транспортироваться в клетку. Чтобы достичь оптимального метаболизма, концентрация питательных солей и метаболитов должна поддерживаться в очень узких пределах. Растворение кислорода в воде, а также селективный перенос метаболитов через цитоплазматическую мембрану имеют диффузионный механизм. Скорость диффузии молекулярного кислорода через мембрану в целом зависит от разницы в содержании кислорода внутри и снаружи клетки. Легко понять, что высокое содержание растворенного молекулярного кислорода в загрязненной воде снаружи клетки быстро вызовет проникновение кислорода в клетку. Постоянно высокого содержания кислорода в ближайшем окружении каждой клетки можно достичь только сильной турбуленцией в воде. Сильная турбуленция, с другой стороны, может быть создана при наличии энергии высокой плотности в водной массе.

Быстрые и эффективные процессы очистки воды с помощью аэробных организмов можно легко найти в природе. Со времен ледникового периода каждый водопад или стремнина, даже небольшие, являются эффективным биореактором, где процесс биооксидации никогда не будет страдать от ограничения кислорода. В своей мудрости природа дала каждой падающей струе воды возможность протаскивать большие объемы воздуха сквозь лежащую внизу водную поверхность. При наличии турбуленции и энергии высокой плотности, сконцентрированных в области под каждой падающей струей воды, будут выполнены все условия для быстрой диффузии через биомембраны. Создается большая разница в концентрации растворенного кислорода и метаболитов по обе стороны мембран. Скопление хлопьев микроорганизмов предотвращено т.е. создается большая поверхность биомасса. Кислород и субстрат могут быстро и легко проникать через большую свободную поверхность биомассы.

Расчет и дименсионирование современных промышленных биореакторов(биоаэраторов), включающих газожидкостной массоперенос как решающий этап процесса, в настоящее время проводится в рамках повышенного внимания влияния конвективной диффузии, вызванной турбуленцией и силами сдвига в жидкости, как установлено Brauer [2]. Влияние конвективной диффузии на массоперенос можно сравнить с повышенным конвективным переносом холода в ветреные дни, что каждый знает по опыту. Значение сил сдвига в процессе обработки активированного ила хорошо документировал Pasveer [3], заявляя и подтверждая, что скорость и эффективность биохимических процессов зависят от следующих четырех факторов:

1. Растворение кислорода в воде.
2. Перенос растворенного кислорода к поверхности клетки.
3. Диффузия растворенного кислорода сквозь клеточную мембрану.
4. Биохимическое связывание кислорода в клетке.

Относительно плотности энергии в реакторе удивляет разница между промышленной биотехнологией и процессом очистки активированным илом. Промышленность постоянно повышает ввод энергии в свои процессы, и сегодня существуют биореакторы(биоаэраторы) с энергией до 25000 Ватт/м³. Плотность энергии в обычном процессе активного ила сегодня, как и 30 лет назад, приблизительно 20 Ватт/м³ [4].

AB CELPATEKNIK

AS J.I.T.

Lindgården Vårdnäs, SE-590 41, Rimforsa, Sweden

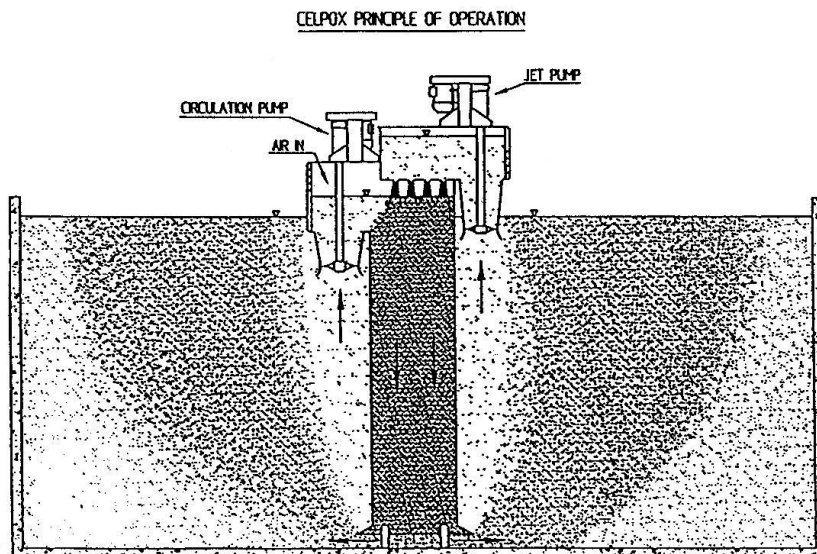
Tel./Fax: +46 13 413 15 ; celpox@celpateknik.se

70101, Lastekodu 4/4, Viiratsi, Viljandimaa Tel +372 43 94 105.

Fax: +372 43 94 108; info@jit.ee; www.jit.ee

Должно быть абсурдно дорого заряжать большой азототэнк с активированным илом слишком высокой эффективной турбуленцией и энергетической плотностью. Поэтому мы решили сконструировать Celrox® как проточный реактор, работающий по природным принципам.

Циркулярный насос работает постоянно, создавая постоянный поток сквозь трубы реактора. Струйный насос поднимает воду в верхний резервуар и обеспечивает прерывистый или изменяемый поток, регулируемый согласно с потребностью кислорода в азотэнке. Ряд мощных вертикальных потоков образуется при протекании воды через несколько больших отверстий в дне верхнего резервуара. Потоки переносят достаточные объемы воздуха в нижний уровень воды. Смесь воздуха и воды прокачивается вниз через реакторную трубу, где происходит насыщение микроорганизмов кислородом из окружающей воды. Водно-воздушная смесь выбрасывается около дна бассейна, где сильный исходящий поток очищает дно бассейна от осадка. Принцип действия Celrox® показан ниже.



ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЦЕЛПОКС

Circulation pump	-	Циркулярный насос
Air in	-	Доступ воздуха
Jet pump	-	Струйный насос

Через трубу реактора Celrox® прокачивается поток 10 – 120 м³/мин, в зависимости от размера реактора. В реакторной трубе поток является сильно турбулентным с плотностью энергии около 1500 Ватт/м³, размельчая воздух и биомассу до тонкой эмульсии, действуя на общую максимальную контактную поверхность для массопереноса. Содержание растворенного кислорода в реакторной трубе всегда между 50 – 85% возможного уровня насыщения. Нижний уровень кислорода находится при очень высоких ПБК(BOD) нагрузках, когда дефицит кислорода высок. Физически невозможно снизить уровень кислорода до нуля в реакторной трубе, в независимости от содержания ПБК (BOD) в воде. Соответственно скорость

AB CELPATEKNIK

Lindgården Vårdnäs, SE-590 41, Rimforsa, Sweden

Tel./Fax: +46 13 413 15 ; celpox@celpateknik.se

70101, Lastekodu 4/4, Viiratsi, Viljandimaa Tel +372 43 94 105.

Fax: +372 43 94 108; info@jit.ee; www.jit.ee

AS J.I.T.

биохимической оксидации никогда не страдает от ограничения кислорода в реакторной трубе Celproх®, что обычно случается при обычной аэрации при очень высоких нагрузках.

Когда микроорганизмы, насыщенные кислородом, выходят из реакторной трубы в окружающую воду аэротэнка, в которой поддерживается намного более низкий уровень кислорода по сравнению с реакторной трубой, они вынуждены выравнять дисбаланс в концентрации молекулярного кислорода внутри и снаружи мембраны. Так как мембрана полупроницаема, кислород не может быть выпущен, и самым простым путем восстановления равновесия является быстрое потребление кислорода или накопление субстанции. Задолго до того, как уровень внутри сбалансирован, микроорганизмы, скорее всего, совершат новое путешествие через реакторную трубу Celproх® и снова будут стимулированы новой инъекцией кислорода и последующим дисбалансом. В нормально димензионированных установках Celproх® микроорганизмы должны испытать определенное число таких стрессирующих циклов, прежде чем они осядут во вторичном отстойнике. Хорошо известно, что микроорганизмы, проходя по среде с низкой или высокой концентрацией растворенного кислорода, стрессируются до значительной биохимической активности, чтобы выровнять наступающий дисбаланс внутренней энергии. Процесс Celproх® приводит к тому, что использование этой особой черты микроорганизмов делает скорость метаболизма превосходящей все остальные аэрационные системы.

Разница в рабочих характеристиках очевидна при сравнении Celproх® с мелкопузырчатой аэрацией. Противопоставление существенно как по турбуленции, плотности энергии, так и по способности дезинтегрировать хлопья биомассы в зоне оксидации. Чем больше размер хлопьев, тем большая концентрация кислорода необходима, чтобы избежать сокращения кислорода во внутренней части хлопьев.

Согласно исследованиям Wuhmann [5], общая масса воды в аэротэнке с активированным илом должна содержать сравнительное количество растворенного кислорода, как функцию от размера хлопьев, если во внутренней части хлопьев должно находиться 0.1 мг/л растворенного кислорода.

AB CELPATEKNIK

AS J.I.T.

Lindgården Vårdnäs, SE-590 41, Rimforsa, Sweden

Tel./Fax: +46 13 413 15 ; celpox@celpateknik.se

70101, Lastekodu 4/4, Viiratsi, Viljandimaa Tel +372 43 94 105.

Fax: +372 43 94 108; info@jit.ee; www.jit.ee

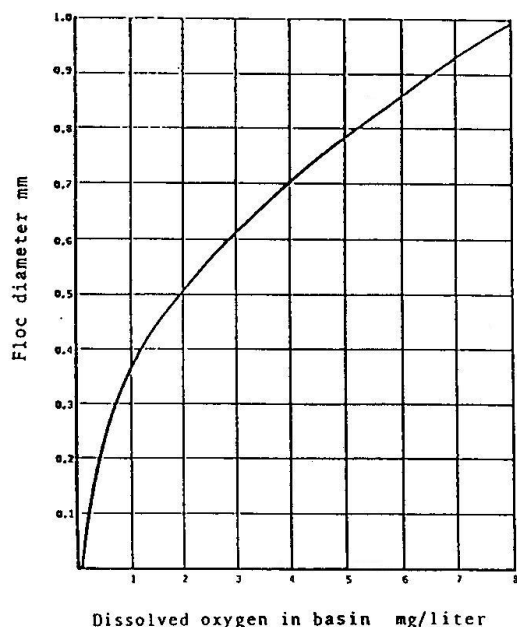


Рисунок 3.

Floc diameter mm	- Диаметр хлопьев, мм
Dissolved oxygen in basin mg/liter	- Растворенный кислород в аэротенке, мг/литр

Системы мелкопузырчатой аэрации имеют очевидный риск, что внутренняя часть хлопьев будет страдать от недостатка кислорода, если концентрация поступающих растворенных веществ будет так высока, что внешняя часть хлопьев будет потреблять весь кислород. Если это случится, скорость биodeградации будет ограниченной, пока нагрузка снова не снизится. Доказательство этого утверждения можно найти в том факте, что мелкопузырчатая аэрация подвержена сильной вариации α -значения, зависящей от поступающей нагрузки веществ.

Биомасса в установке Celproх® подвергается постоянным изменениям между интенсивным аэробным состоянием и сравнительно спокойным состоянием вне реакторной трубы со значительно меньшим уровнем кислорода. Кроме быстрого процесса биоксидации имеет место обширная адсорбция растворенного органического материала биомассой. Во время прохождения через трубу Celproх® структура частиц биомассы будет дезинтегрироваться до малых суспендированных хлопьев, содержащих только несколько бактерий. Соответственно свободная поверхность биомассы, открытая для адсорбции, в 100 раз больше в циркулярном потоке, выходящем из Celproх® трубы, чем снаружи в спокойном окружении аэротенка. Благодаря изменившейся концентрации растворенного кислорода в петле Celproх® процесса, может достигаться значительное биологическое удаление фосфора, Barnard [6].

Чистое дно бассейна и отсутствие осадка в аэрационном бассейне в прежние времена считалось важным для беспрепятственного процесса обработки активированным илом. Причиной был очевидный риск

AB CELPATEKNIK

Lindgården Vårdnäs, SE-590 41, Rimforsa, Sweden

Tel./Fax: +46 13 413 15 ; celpox@celpateknik.se

AS J.I.T.

70101, Lastekodu 4/4, Viiratsi, Viljandimaa Tel +372 43 94 105.

Fax: +372 43 94 108; info@jit.ee; www.jit.ee

анаэробной деградации осевших органических соединений, выделяющих ядовитый сульфид водорода. Сульфид водорода, H₂S, растворенный в воде, является губительным для микроорганизмов и может вызывать периодическую остановку биооксидации. Во всех установках Celrox® большой циркулирующий поток направляется вдоль дна аэротэнки, поддерживая его в чистоте и без осадка.

Согласно обследованию, проведенному Международным Агентством по Энергии OECD [7], механические поверхностные аэраторы, удаляют 0.7 кг ПБК/кВтч, а аэраторы с погруженной турбиной – 0.8 ПБК/кВтч. Новые аэраторы с мелкопористым дном могут иметь эффективность 1.1 кг ПБК/кВтч, но до тех пор, пока они остаются чистыми и гибкими. Все показатели OECD представляют собой как максимальные результаты по каждому исследованному классу.

При практическом применении полного цикла на промышленных и муниципальных сооружениях Celrox® обеспечивал энергетическую эффективность в диапазоне 1.5 – 3.5 кг ПБК/кВтч, не ухудшающуюся с годами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Müller G., Sell G. Der Radialstrombergaser – ein leistungsfähiger Belüfter für biologische Abwasserreinigungsanlagen
Chem. Ing. Techn. 56 No.5 (1984)
- [2] Brauer H. Stoffaustausch einschließlich chemischer Reaktionen.
Verlag Saerländer, Aarau CH.
- [3] Pasveer A. Über die Theorie des Sauerstoffeintrages und Des Sauerstoffverbrauches beim Belebtschlammverfahren
Münchener Beiträge Band 5
- [4] Einsele A., Finn R., Sambhaber W. Mikrobiologosche und Biochemische Verfahrenstechnik.
VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 1985.
- [5] Wuhrmann K. Grundlagen für die Dimensionierung der Belüftung Bei Belebtschlammanlagen.
Schweizerische Zeitsch. F. Hydrologie (1964)
- [6] Barnnard JKL/ A review of biological Phosphorus removal in the activated sludge process.
Water S.A. No.2 (1976)
- [7] IEA/OECD CADDET Newsletter. No.1 March 1993

AB CELPATEKNIK

AS J.I.T.

Lindgården Vårdnäs, SE-590 41, Rimforsa, Sweden
Tel./Fax: +46 13 413 15 ; celpox@celpateknik.se
70101, Lastekodu 4/4, Viiratsi, Viljandimaa Tel +372 43 94 105.
Fax: +372 43 94 108; info@jit.ee; www.jit.ee