



БИОРЕАКТОР CELPOX

ОБЩЕЕ РУКОВОДСТВО

СОДЕРЖАНИЕ	Страница
1. Введение	2
2. Краткая история биологической очистки сточных вод	2
3. Агенты биологического окисления	3
4. Биологическое окисление	4
5. Биологическая адсорбция	5
6. Обычная технология применения активного ила в низкоэнергетических емкостях	5
7. Процесс активного ила в высокоэнергетических биореакторах	7
8. Установка биореактора CELPOX	8
8.1. Электрические подключения	9
9. Контроль за вводом кислорода в реакторе CELPOX	9
10. Необходимое для реактора CELPOX содержание кислорода	10
11. Содержание ила в емкости с реактором CELPOX	11
12. Запуск агрегата CELPOX	12
13. Проверка состояния биомассы в емкости CELPOX	13
14. Возможные нарушения работы емкости с реактором CELPOX	13
14.1. Быстро проявляющийся дефицит кислорода	13
14.2. Внешние влияния токсичных агентов	14
15. Биолого-химическое снижение уровня фосфора в реакторе CELPOX	15
16. Контроль и обслуживание реактора CELPOX	15
16.1. Система приводных ремней “V”	15
16.2. Сборка пропеллерного насоса	16
16.3. Смазывание шарикоподшипников	17
16.4. Прикрепление насосных перемычек	17
17. Библиография	18
Приложения (фотографии и чертежи)	

1. Введение

Поскольку биологическая очистка производится живыми организмами, то операторам предприятий по очистке сточных вод (ПОСВ) полезно узнать, как функционируют находящиеся в их подчинении мириады микроскопических помощников и какие внешние влияния могут отрицательно сказаться на их эффективности и благосостоянии.

Несмотря на то, что мы в АВ Celrtechnik поставляем лишь часть оборудования для этого биологического процесса, мы считаем, что было бы немаловажным обобщить фактические данные о функционировании и контроле над процессом активного ила.

Наше описание биохимических процессов не претендует на научную детальность и точность. Мы стремимся представить читателям популяризованную картину некоторых основ весьма сложного технологического микромира биологической очистки сточных вод.

2. Краткая история биологической очистки сточных вод

Ватерклозет (WC) был изобретен в 1807 году. Для его пользователей данное изобретение стало частью повседневных удобств, но для системы отвода сточных вод оно стало причиной многих катастрофических ситуаций. В густонаселенных районах реки превратились в зловонные потоки нечистот, распространяющие болезнетворные бактерии и вирусы.

Не так уж и давно, осенью 1901 года, эпидемия холеры унесла сотни жизней в немецком городе Гельзенкирхен.

Со времени появления WC прошло более 100 лет, прежде чем американский химик Кларк провел в своей лаборатории в Лоуренсе первые испытания форсированной аэробной очистки смеси сточных вод и находящегося во взвешенном состоянии биологического ила. Несмотря на успех экспериментов Кларка, прошло еще 15 лет, прежде чем Имхофф в конце 1920-х годов разработал обладающую практической пользой систему биологической очистки муниципальных сточных вод через процесс активного ила.

Разница между муниципальными биологическими ПОСВ, построенными 50-60 лет назад, и их современными вариантами во всем мире весьма невелика.

Кажется, что технологическая дальновидность и творческий подход в последние десятилетия не проявлялись в области технологии муниципальной очистки сточных вод, в отличие от других сфер.

Развитие ознаменовалось лишь усилиями разработчиков по усовершенствованию уже существующих устройств и инструментов.

С другой стороны, применение технологии активного ила для очистки промышленных сточных вод развивалось гораздо интенсивнее. Форсированная очистка, наблюдаемая в природе, в реках и водопадах, использовалась в качестве модели при разработке компактной и эффективной системы промышленной очистки. Ниспадающие потоки воды в водопадах и стремнинах создают зоны

повышенной турбулентности, способствующие метаболизму бактерий. Современное поколение биореакторов функционирует именно по этому принципу – небольшое количество воды, высокий уровень внутренней турбулентности и энергетической плотности.

Более подробное описание биологической очистки приводится в источниках 1 и 2 (см. библиографию).

3. Агенты биологического окисления

Главные агенты в процессе биологического окисления – бактерии. Это микроскопические одноклеточные организмы, которые миллиардами изобилуют во всех естественных водных каналах. Размер бактерии – примерно одна тысячная миллиметра.

В одном кубическом сантиметре воды горного ручья может содержаться до двух тысяч микроорганизмов. В долинных озерах и ручьях в кубическом сантиметре воды их может быть до двух сотен тысяч, а в кубическом сантиметре активного ила – несколько миллионов бактерий.

В муниципальных и промышленных ПОСВ используются одинаковые виды бактерий (200-300 разновидностей). Каждая отдельная бактерия окружена защитной клеточной стенкой. Внутри находится полупроницаемая клеточная мембрана, которая избирательно, в том или ином направлении, пропускает через себя определенные вещества. Лишь те молекулы, которые необходимы для метаболизма бактерии, пропускаются вовнутрь через мембрану. Только остаточные продукты метаболизма, от которых бактерия должна освободиться, выходят за ее пределы через мембрану. Внутри клеточной мембраны находится жидкая плазма, содержащая наследственные факторы бактерии и необходимые для биосинтеза компоненты.

Как только переменные величины, характеризующие процесс активного ила, достигнут состояния равновесия и очистка будет проходить без каких-либо нарушений, в иле начнут развиваться так называемые *protocoe*. Это более высокоразвитые микроорганизмы размером 0,1-0,5 мм, их можно рассмотреть и идентифицировать при помощи обычного микроскопа. Они питаются находящимся во взвешенном состоянии органическим материалом, который они захватывают путем фильтрации воды через свои структуры. Все *protocoe* вносят весьма эффективный вклад в уменьшение мутности воды.

Присутствие или отсутствие различных типов *protocoe* помогает определить состояние емкости с активным илом. Некоторые виды реагируют на кислород в воде, другие виды – на состояние загрузки. Они также способствуют распознаванию развития заражения воды в емкости. Оператор, привыкший ежедневно проверять состав воды из емкостей через микроскоп, может на основании наблюдения за *protocoe* определить реальную ситуацию очистки и при необходимости предпринять действия, направленные на поддержание требуемого биологического климата в емкостях.

Более подробное описание бактерий и *protocoe* приводится в источнике 3 (см. библиографию).

4. Биологическое окисление

В сточных водах в растворенном состоянии содержатся высокоэнергетические органические загрязнители, в основном это углеводы. На стадии активного ила они разлагаются путем биологического окисления и минерализуются в низкоэнергетические неорганические вещества, которые не представляют опасности для природных водных каналов.

Биологическое окисление происходит внутри бактерии, то есть все участвующие в реакции вещества должны быть доставлены внутрь бактерии через ее мембрану. Более того, участвующие вещества должны быть в молекулярной форме, то есть растворенными в воде. Особые ферменты на или в клеточной мембране могут расщеплять находящийся во взвешенном состоянии коллоидный материал и превращать его в приемлемую для бактерии пищу. Так как подобные бактерии не могут извлекать кислород напрямую из воздушного пузырька, кислород должен быть растворен в воде, то есть иметь молекулярную форму.

Биологическое окисление – это метаболизм бактерии, когда высокоэнергетические органические вещества при помощи кислорода окисляются и превращаются в низкоэнергетические вещества вроде углекислого газа и воды.

В результате сжигающего метаболизма высвобождается энергия, используемая для создания новой высокоэнергетической клеточной массы на основе углерода, азота и фосфора. При аэробном бактериальном метаболизме примерно половина добавленного органического углерода минерализуется в углекислый газ и воду с одновременным выделением энергии. При помощи части выделенной энергии, азота и фосфора оставшаяся часть углерода используется для увеличения веса биомассы, за счет которой воспроизводятся участвующие в процессе бактерии.

При идеальных условиях одна бактерия воспроизводит себя два или три раза в течение одного часа.

Преобладающее большинство новых бактерий обладает генетической структурой и свойствами породившей их клетки. Это значит, что биомасса в целом не меняется, за исключением небольшого количества мутировавших бактерий, у которых изменились наследственные факторы и свойства.

Бактерии могут хранить высвобожденную и неиспользованную энергию окисления в особом фосфоре и воспользоваться ею позднее.

Биологическое окисление материи проходит через много стадий реакции при участии особых ферментов для каждого компонента и каждой стадии реакции. Ученым удалось изолировать и идентифицировать более 2000 различных ферментов из живых клеток. Ферменты действуют в качестве катализаторов. Они начинают реакцию, но не участвуют в ней. Взаимоотношения между ферментом и субстратной молекулой напоминают связь между ключом и замком. Только один ключ подходит к определенному замку, также и только один фермент подходит к определенной субстратной молекуле. Если в биохимической цепочке процесса разложения отсутствует один фермент, реакция прекращается до тех пор, пока бактерии не удастся синтезировать недостающий фермент.

В промышленных сточных водах могут существовать сложные химические образования с молекулами, которые могут и не пройти через биологическую мембрану.

Для таких случаев также существуют особые ферменты, которые способны расщепить сложные структуры на более простые и приемлемые для бактерии в качестве материала для метаболизма.

Более подробное описание биологического окисления приводится в источнике 3 (см. библиографию).

5. Биологическая адсорбция

Биологическое устранение растворенных загрязнителей в сточных водах начинается с электростатических сил, которые прикрепляют молекулы грязи к поверхности биомассы. Этот феномен называется адсорбцией. Его объем зависит от типа ила и растворенных загрязнителей, но прежде всего – от площади поверхности ила, доступной для адсорбционного контакта. Биологическая адсорбция – недорогая процедура без существенных затрат энергии и потребления растворенного в воде кислорода.

Во многих центральноевропейских городах с многомиллионным населением существуют крупные ПОСВ с разделением процесса на две стадии. В начале используется высокая нагрузка на ил, 5 кг БПК/5 кг DS*d и более. Возраст ила невелик и культивируется большая масса быстровоспроизводящихся бактерий с целью устранения основной части растворенных загрязнителей через адсорбцию на обширной площади поверхности ила. Вторая стадия при низкой нагрузке: отдельная система ила, значительный возраст и специализированный бактериальный состав вместе со значительным количеством фильтрующих реснитчатых микроорганизмов – для избирательного биологического окисления. Более подробное описание биологической адсорбции и работы ПОСВ приводится в источнике 4 (см. библиографию).

6. Обычная технология применения активного ила в низкоэнергетических емкостях

При перемешивании образца нормального объема ила граница между водой и хлопьями пропадает, но быстро восстанавливается по меньшей мере до первоначальной резкой контрастности, когда перемешивание закончено. Это доказывает, что в активном иле имеются виды бактерий, обладающие хорошо развитой способностью восстанавливать крупные и прочные хлопья ила даже после неоднократного разрушения этих хлопьев.

Формирование хлопьев способствует оседанию ила. В аэрационной емкости любое возникновение хлопьев является препятствием нормальному функционированию системы очистки.

В емкости с активным илом все растворенные загрязнители устраняются частично при помощи биологической адсорбции – прикреплением молекул грязи к

открытой поверхности биомассы, и частично через биологическое окисление, когда молекулы кислорода и загрязнители проходят через клеточные мембраны биомассы с выходом на поверхность воды. Таким образом, эффективность очистительного процесса в значительной степени зависит от того, какая часть биомассы находится в прямом соприкосновении с загрязненной водой.

Простой умозаключительный эксперимент демонстрирует важность размера хлопьев для роста площади поверхности свободного контакта биомассы с водой. Один литр биомассы в первом случае делится на круглые хлопья диаметром в 0,5 мм, а во втором – на круглые хлопья диаметром в 0,005 мм, причем в обоих случаях с сотнями бактерий. Площадь свободного контакта с водой в первом случае составит 12 м², а во втором – 1200 м².

Вышеприведенная аргументация указывает на то, что меньший уровень турбулентности в аэрационной емкости приводит к появлению более крупных биохлопьев, и в результате площадь контакта между биомассой и водой уменьшается.

Это отрицательно сказывается на обычном методе активного ила и требует компенсации в виде больших объемов емкостей, увеличения времени задержки сточных вод в емкостях и высоких уровней содержания кислорода, до 3-4 мг/л – то есть, приводит к значительным инвестициям и затратам на функционирование.

Пассивная диффузия молекул кислорода и активная диффузия молекул загрязнителей через мембраны бактерий затрудняется низким уровнем турбулентности в воде емкости. Это особенно затрудняет диффузию молекул кислорода из газовой фазы в жидкую фазу, когда аэрация вызывает слабую турбулентность, а на поверхности воды в то же время содержатся активные агенты.

Шведский Департамент охраны окружающей среды (ДООС) опубликовал в декабре 1987 года отчет (№ 1961) с оперативными данными из ПОСВ города Борас, оборудованного системой донной мелкопузырчатой аэрации. Поставщик аэраторов указывает в своем буклете, что вместимость кислорода в чистой воде превышает 4,5 кг О₂/кВтч.

В то же время, в отчете ДООС говорится, что система донной мелкопузырчатой аэрации могла растворять в неделю в среднем не более 0,35 кг О₂/кВтч.

Аэрация в Борасе постоянно действовала с совершенно неадекватной альфа-величиной 0,08, что скорее всего было вызвано ежедневными выбросами из текстильных фабрик отрицательно сказывающихся на диффузии тензидов.

Муниципальные ПОСВ с незначительными промышленными связями и, как правило, слабой простановкой размеров своей аэрации, оказываются неадекватными во время выходных и праздничных дней, когда во многих семьях одновременно работают стиральные машины, вызывая сильный поток тензидов.

Простая версия донной аэрации, состоящая из распределительных труб с просверленными в них отверстиями, создает гораздо более сильную турбулентность в воде емкости и, по мнению многих экспертов, приводит к

гораздо более однородному окислению, хотя и не выделяется высокими показателями очищенности воды.

Исследование, проведенное в США Агентством охраны окружающей среды (АООС), указывает на то, что донная курсовая пузырьчатая аэрация положительно смотрится по сравнению с мелкопузырчатой в контексте потребления энергии. В источнике (5) сообщается, что переход от курсовой пузырьчатой аэрации к мелкопузырчатой привел лишь к временному улучшению в области сбережения энергии – в среднем ежегодно на 0,55 кг БПК₅/кВтч меньше (БПК – биохимическая потребность в кислороде). Установленная система мелкопузырчатой аэрации за первый год работы – на 0,77 кг БПК₅/кВтч меньше. После трех лет функционирования эффективность данной системы понизилась до 0,52 кг БПК₅/кВтч, то есть даже хуже, чем при старой системе.

7. Процесс активного ила в высокоэнергетических биореакторах

Существуют следующие высокоэнергетические биореакторы: BIOHORN REAKTOR и TURMBIOLOGI, изготовленные химическими конгломератами Hoechst и Bayer, HCR-REAKTOR – Dr.Otto, HUBSTRALREAKTOR – Bauer/Borsig и CELPOX – AB Celpatetchnik.

Общей особенностью всех этих реакторов является создание одной или нескольких зон реакции в воде с обеспечением сильной турбулентности и высокой энергетической плотности, 1500 ватт/м³ или даже выше, по сравнению с обычной емкостью с активным илом, где данный показатель не превышает 20-30 ватт/м³.

Супертурбулентность в зоне реакции расщепляет воздух и биомассу до микроскопических размеров с максимальной площадью контакта с водой.

Диффузия молекул кислорода из воздуха в воду и оттуда через клеточные мембраны вовнутрь бактерий происходит на максимальной скорости.

Диффузия кислорода через мембраны бактерий является пассивной, а ее скорость контролируется концентрацией на обеих сторонах мембраны. Биологические мембраны свободно пропускают молекулы кислорода вовнутрь бактерий, но не выпускают наружу неиспользованный кислород – он сохраняется про запас, на будущее.

Два наиболее значительных различия между функционированием высокоэнергетических биореакторов и низкоэнергетических емкостей с обычным процессом активного ила, причем свидетельствующих в пользу реактора:

1. Переменное расщепление и восстановление структуры хлопьев биомассы приводит к повторным повышениям и понижениям размеров площади контакта с водой, что способствует адсорбции. После каждого прохождения через зону турбулентности адсорбционный бактериальный слой восстанавливается и становится частью растущих хлопьев.

2. Бактерии вынуждены принимать кислород, находясь в крайне турбулентной зоне реакции. Часть этого кислорода немедленно используется, но основное

количество сохраняется внутри клеток и используется позднее, когда бактерии вновь оказываются в спокойной воде с низким содержанием кислорода. Там бактерии оказываются под внутренним осмотическим избыточным давлением излишков кислорода внутри их клеток, и единственный способ понизить это давление – начать вынужденное биологическое окисление и использование кислорода. Находясь вне зоны реакции, бактерии не могут усваивать новый кислород до тех пор, пока уровень уже находящегося в их клетках кислорода не опустится ниже уровня содержания кислорода в окружающей их среде. Но до этого бактерии вновь окажутся реактивированными, пройдя через зону реакции и получив новый заряд кислорода.

Процесс очистки в биореакторах происходит очень быстро, и это значит, что данная система нуждается в меньшем количестве воды, чем обычный метод активного ила. При замене систем донной аэрации на биореакторы CELPOX объем используемой воды и количество емкостей можно сократить вдвое, иногда даже втрое.

Сильная турбулентность в зоне реакции положительно влияет на переход молекул кислорода из воздушных пузырьков в воду.

Поэтому биореакторы менее восприимчивы к нарушениям функционирования, вызываемым диффузионными барьерами, которые создают активные агенты на поверхности воды.

Более подробное описание высокоэнергетических биореакторов приводится в источниках 2 и 6 (см. библиографию).

8. Установка биореактора CELPOX

CELPOX – это единственный биореактор на рынке, который предназначен для установки в уже существующие емкости с активным илом.

CELPOX можно установить в любых типах емкостей, вне зависимости от формы, при условии, что дно является достаточно плоским, а глубина воды составляет от 2,5 до 12 метров. В условиях крупных циркуляционных потоков через трубу CELPOX они расходятся около дна в горизонтальном направлении. Скорость водяного потока около дна приспособляется к форме емкости во избежание возникновения осадка.

Когда CELPOX установлен в правильной части емкости, труба реактора переводится в такое вертикальное положение, при котором она будет отклоняться от вертикали не более, чем на 1-2 мм. Подгонка производится при помощи пластин из нержавеющей стали, которые следует поместить под стойками с целью выравнивания дна емкости.

CELPOX опирается на резиновые стойки, предотвращающие скольжение на бетоне и стали.

Поэтому нет необходимости специально фиксировать реактор на дне емкости. Корпус реактора прикрепляется к стене емкости при помощи тормозящих кабелей

и кронштейнов. Эти крепления следует подогнать так, чтобы CELPOX сохранял заданное при установке вертикальное положение.

Удостоверьтесь в том, что оба насосных стержня вращаются без ограничений и для приводных ремней “V” установлено верное напряжение.

Удостоверьтесь также в том, что брызгозащитные щиты установлены на верхушке CELPOX.

8.1. Электрические подключения

Насосные моторы у CELPOX довольно крупные и могут потреблять в 1,15 раза больше номинального тока. Это резерв мощности полезно задействовать, если тряпки или другие предметы застрянут в лопастях пропеллера и начнут скользить вдоль отклоненных назад краев лопастей. При задействовании дополнительной мощности колесо справляется с возросшим сопротивлением без включения предохранительного устройства.

Если CELPOX контролируется ВКЛ/ВЫКЛ действиями струйного насоса с постоянными запусками и остановками, то контактор мотора должен иметь параметры на два уровня выше нормы номинального тока.

Рядом с каждым реактором следует установить сервисный прерыватель контактов для обоих насосов. Остальные компоненты электрических подключений должны выполняться в соответствии с требованиями заказчика.

Дизайн передних краев насосных колес – отклоненные назад логарифмические спирали.

Направление вращения насосного колеса является верным, когда спиралевидный передний край лопасти первым входит в воду. При снятых приводных ремнях “V” стержень мотора и стержень пропеллера вращаются в одном направлении.

9. Контроль за вводом кислорода в реакторе CELPOX

Основная доля уменьшения БПК в CELPOX достигается благодаря работе струйного насоса. Пропускная способность реактора зависит от того, сколько воды прокачивает струйный насос, и ее можно легко контролировать, приспособив поток воды через насос к реальной нагрузке в тот момент. Потребление кислорода в емкости находится в прямо пропорциональной зависимости от нагрузки. Регистрируемый счетчиком кислорода уровень используется для контроля пропускаемого через струйный насос потока воды в соответствии с одним из двух нижеописанных принципов.

ВКЛ/ВЫКЛ – сигнал от счетчика кислорода используется для управления контактором электромотора, это наиболее простой и экономичный метод. Когда уровень кислорода в емкости понижается до установленной минимальной

величины, мотор струйного насоса запускается и он работает до тех пор, пока уровень кислорода не достигнет установленной максимальной величины. Затем мотор отключается и насос простаивает до тех пор, пока уровень кислорода вновь не достигнет установленной минимальной величины. Если счетчик кислорода подсоединен к диаграммному самописцу, то уровень кислорода в емкости будет отображаться на диаграмме как линия «зубчиков пилы».

Альтернативный метод – управление скоростью струйного насоса при помощи частотного преобразователя. Сигнал от счетчика кислорода используется для управления подаваемой на мотор частоты, то есть скорости работы мотора. Каждое изменение нагрузки в емкости рассматривается при помощи счетчика кислорода как увеличивающаяся или уменьшающаяся тенденция относительно заданной контрольной величины.

С увеличением нагрузки уровень кислорода, как правило, уменьшается, и в результате частотный преобразователь получает сигнал увеличить скорость мотора, то есть увеличить поток воды через струйный насос до тех пор, пока отображаемая на счетчике кислорода уменьшающаяся тенденция не прекратится, а пропускная способность CELPOX не будет соответствовать новой нагрузке в емкости. При уменьшении нагрузки скорость мотора уменьшается аналогичным образом. Так как реактор постоянно приспосабливает свою пропускную способность к реальной в данный момент нагрузке в емкости, диаграммный самописец счетчика кислорода теперь отображает почти прямую линию с вариациями не более, чем 0,1 мг/л.

10. Необходимое для реактора CELPOX содержание кислорода

В обычных емкостях с активным илом биомасса существует в виде крупных хлопьев. При большой нагрузке емкости уровень кислорода в ней может опуститься настолько низко, что микроорганизмы во внутренних частях хлопьев станут неактивными по причине кислородного голодания. Если удастся сохранять уровень кислорода на отметке 3-4 мг/л в периоды сильной нагрузки, то во внутренних частях хлопьев микроорганизмы будут находиться в анаэробном состоянии и биомасса будет утилизирована неадекватным образом.

Хлопья не могут существовать в трубе реактора CELPOX во время его работы. Очень хорошо расщепленная биомасса активно двигается в воде с высоким уровнем турбулентности и насыщенности кислородом. Происходит вынужденное биологическое окисление и микроорганизмы забирают большое количество кислорода, который они усвоят позднее, в зоне спокойной воды аэрационной емкости. Установлено, что в емкости с CELPOX при сильной загруженности во время процесса нитрификации микроорганизмы даже по прошествии 30 минут после выхода из трубы реактора продолжают процесс биологического окисления, поглощая захваченные в трубе реактора запасы кислорода.

Нет необходимости ради микроорганизмов держать в емкости с реактором CELPOX растворенный кислород. Достаточно обеспечить возвращение

микроорганизмов в трубу реактора через определенные интервалы времени для повторной зарядки кислородом.

Тем не менее, мы рекомендуем наладить CELPOX таким образом, чтобы уровень кислорода в емкости при сильной нагрузке в течение более чем половины дня не был ниже 0,5 мг/л.

При соблюдении данной рекомендации будет сохраняться уровень кислорода, необходимый для роста количества реснитчатых, которые фильтруют отработанную воду и уменьшают ее мутность.

11. Содержание ила в емкости с реактором CELPOX

Концентрация и нагрузка на ил – параметры, используемые при измерении емкостей с активным илом и имеющие решающее влияние на действенность очистки. При увеличении нагрузки на ил качество очистки ухудшается, и в поступающей из очистительного сооружения воде возрастает объем с трудноразлагаемых веществ. При уменьшении нагрузки на ил качество устранения трудноразлагаемых веществ улучшается, и биологическое окисление вызывает возрастающую минерализацию биомассы в воду и углекислый газ.

При уменьшении нагрузки ил его возраст увеличивается и одновременно стимулируется рост фильтрующих ресничных и нитрификаторов.

На диаграмме № 1 указана зависимость между нагрузкой на ил и устранением растворенной грязи.

Снижение БПК₇ (%)
Нагрузка на ил
(кг БПК₇ / кг СЗ (степень
замещенности) x d
реактор CELPOX
донная аэрация

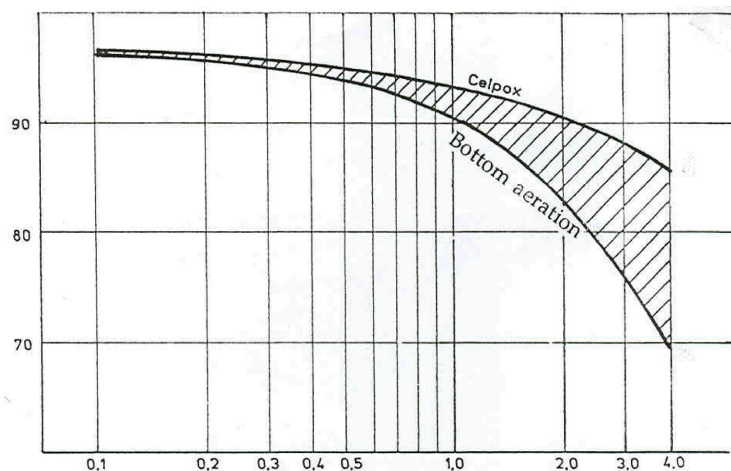


Диаграмма № 1: Влияние нагрузки на ил на действенность очистки в емкости с реактором CELPOX и в емкости с обычной донной аэрацией.

Нагрузочный потенциал биомассы зависит от площади поверхности, свободной для биологической адсорбции и диффузии. Иными словами, чем дезинтегрированной биомасса, тем выше ее БПК при сохранении способности к такой же очистке, какую производит биомасса с курсовыми хлопьями при меньшей нагрузке.

При установке биореакторов CELPOX вместо обычной аэрации всегда имеется особая возможность значительно увеличить нагрузку на ил, одновременно сохранив действенность очистки.

Увеличения нагрузки на ил можно достичь закрытием ряда аэрационных емкостей и задействовать CELPOX в остальных емкостях с сохраненным уровнем концентрации ила, или установить CELPOX во всех емкостях и запустить их при значительно уменьшенном уровне концентрации ила.

Уменьшенное количество действующих емкостей способствует консервации энергии, так как перемешивается меньшее количество воды.

Уменьшенный уровень концентрации ила при оставленном прежним объеме задействованных емкостей способствует росту количества реснитчатых, и вода из очистительного сооружения выходит более чистая, но в некоторых случаях может происходить нитрификация.

Опыт работы на ряде агрегатов CELPOX указывает на то, что нагрузку на ил можно удвоить или даже утроить с сохранением действенности очистки. Мы рекомендуем обратиться за консультацией в АВ Celpatechnik или к местному представителю компании перед тем, как предпринимать действия и определять подходящую концентрацию и нагрузку на ил.

12. Запуск агрегата CELPOX

Лучше всего начать запуск агрегата CELPOX с выращивания совершенно новой биокультуры из микроорганизмов, занесенных в ПОСВ вместе со сточными водами. В таком случае биомасса с самого начала полностью приспособится к тому, как происходит биологическое окисление в CELPOX. Если ПОСВ оборудовано сеткой с отверстиями шириной от 3 до 10 мм и системой предварительной обработки осадка, то рост объема новой биомассы будет происходить гораздо быстрее при условии, что вместо предварительной обработки осадка вода будет поступать напрямую в емкость с установленным CELPOX. В таком случае биомасса вырастет до требуемого объема в течение двух недель, даже если температура воды будет ниже 10°C. Затем можно начать отвод излишнего ила.

Во время периода наращивания биомассы не следует применять какие-либо химикаты или выводить их из системы с водными отходами или другим образом через водослив. Если возникнет необходимость применения осадочных химикатов, то рекомендуется использовать хлорид железа. Ионы железа не препятствуют каталитическому воздействию ферментов на метаболизм микроорганизмов. С другой стороны, рециркулированные ионы алюминия могут оказать прямое вредное влияние на биомассу в период ее наращивания.

Если агрегат запускается со старым биологическим илом, то следует считаться со значительными вариациями снижения БПК в течение первой недели работы. Это время необходимо для того, чтобы биомасса адаптировалась к новому образу жизни, чередованию спокойных периодов в воде емкости и интенсивных периодов в трубе реактора CELPOX.

Нарушения норм анализируемых величин постепенно исчезают и снижение БПК на биологической стадии должно нормализоваться в течение месяца со дня начала

работы агрегата. Запуск реактора со старым биологическим илом происходит быстрее и стабильнее при условии, что в емкости с установленным CELPOX отсутствуют какие-либо остаточные химикаты, в особенности же алюминий.

13. Проверка состояния биомассы в емкости CELPOX

Опыт демонстрирует, что интенсивная обработка биомассы в трубе реактора CELPOX никогда не наносит ей вреда, за исключением волокнистых бактерий. Они обычно пропадают в результате сильной турбулентности, так как не могут развиваться в таких условиях, и это может затруднять процесс возникновения осадка.

Распространенные виды *protozoae*, среди них такие хрупкие как *Epistylis* и *Opercularia*, появляются и успешно развиваются в емкостях с реактором CELPOX. Операторы ПОСВ могут научиться распознавать текущее состояние здоровья, комфортности и благополучия биологического состава в емкости с активным илом, постоянно наблюдая за биомассой.

Здоровая и активная биомасса может, в зависимости от ее составных элементов, иметь окраску от золотисто-коричневой до почти черной, но цветовой оттенок должен всегда быть сильным и теплым, без серых полос. Если заметно частичное посерение, то это обычно указывает на частичное отравление биомассы, вследствие чего она начинает проявлять тенденцию к всплыванию на поверхность воды в емкости. Полностью негодная, мертвая биомасса имеет серую окраску и плохо оседает. Процветающая биомасса в емкости с реактором CELPOX имеет тенденцию к созданию крупных, механически прочных и быстро оседающих хлопьев. Когда насосы CELPOX остановлены, то начинается отчетливо заметное сокращение биомассы в хлопья через минуту после прекращения циркуляции воды. Эти хлопья могут достигать размеров в несколько миллиметров, а между ними видны темные участки чистой воды.

14. Возможные нарушения работы емкости с реактором CELPOX

14.1. Быстро проявляющийся дефицит кислорода

Уровень растворенного кислорода не должен опускаться ниже 0,5 мг/л в какой-либо части емкости более чем на 12 часов. Уровень кислорода ниже указанного на протяжении более чем 12 часов не наносит вреда микроорганизмам и не препятствует процессу биологического окисления, но фильтрующие реснитчатые пропадают и получаемая вода может помутнеть.

Если уровень кислорода быстро снизится в аэрационной емкости, где обычно не наблюдается проблем с поддержанием необходимого уровня кислорода, то вероятной причиной этому будет скорее всего не воздействие временно возросшей нагрузки. Увеличения нагрузки происходят часто, но, как правило, нагрузка

выравнивается в емкости с активным илом, и от этого емкость с реактором CELPOX никогда не перейдет в анаэробное состояние.

Поступающие сточные воды, по всей вероятности, содержат активные на поверхности воды агенты, которые способны распространяться и покрывать поверхность воздушных пузырьков. Многие из подобных агентов, включая жирные кислоты, могут создать настолько сильный барьер на пути перемещения кислорода из воздушных пузырьков в воду, что доступ кислорода в емкость окажется под угрозой. Такие вещества, как правило, не встречаются в бытовых сточных водах в значительных количествах, в отличие от промышленных сточных вод. Следует определить источник поступления этих веществ, идентифицировать их и найти средство лечения биомассы в сотрудничестве с лицом, ответственным за их выпуск в сточные воды, а также при содействии АВ Celpatechnik.

14.2. Внешние влияния токсичных агентов

Многие вещества, поступающие в ПОСВ вместе со сточными водами, могут быть токсичными, вызывая смерть микроорганизмов и препятствовать или полностью нарушить деятельность ферментов, необходимую для непрерывного биологического окисления. Среди подобных веществ – нефтепродукты, тензиды, ионы тяжелых металлов, но также и свободный алюминий, появляющийся в результате передозировки основанных на алюминии флокулянтов (хлопьеобразователей), рециркулируемых с водными отходами.

Сточные воды из больниц и пищевой промышленности могут содержать значительные концентрации бактерицидов. Если они разбавляются еще в канализации, то их поступление в ПОСВ может время от времени частично или полностью нарушать биологическую деятельность в емкостях. Краски на водной основе содержат очень сильный бактерицидный консервант, который может губительным образом повлиять на биомассу.

Если внешнее влияние приводит к отравлению или нарушению деятельности ферментов, то небольшие предварительные дозы хлорида железа могут возыметь лечебный эффект (см. следующий раздел).

Не считая прямой пользы от устранения основной части фосфорной массы, существует вероятность того, что токсичные агенты будут выведены в осадок при помощи хлорида железа до того, как они войдут в соприкосновение с биомассой и уничтожат ее.

15. Биолого-химическое снижение уровня фосфора в реакторе CELPOX

Муниципальные ПОСВ обычно снижают уровень выделяемого фосфора в качестве последней стадии обработки воды путем химического выделения в осадок. Теоретически, или стехиометрически (*stokiometrically*), один дополнительный килограмм фосфора требует для своей нейтрализации 1,8 кг тривалентного железа. На практике же требуется несколько более крупная доза – от 2,1 до 3,0 кг тривалентного железа на 1 кг фосфора. В одном литре хлорида

железа содержится 173 грамма тривалентного железа. Таким образом, для химического выделения в осадок 1 килограмма фосфора требуется 12-17 литров хлорида железа.

Несколько муниципальных ПОСВ с агрегатами CELPOX уже много лет работают с применением комбинации методов биологического и химического снижения уровня фосфора. Процедура заключается в введении не доходящей до стехиометрического уровня (*under-stoichiometric*) дозы хлорида железа в емкость предварительной обработки осадка или в канал, ведущий в емкость с активным илом. Дозировка является индивидуальной, обычно примерно 0,3-0,5 молей железа на моль фосфора. Это значит, что доза для емкости с реактором CELPOX составляет 3,1-5,4 литра хлорида железа на один дополнительный килограмм фосфора. Такая дозировка обеспечивает ежегодное снижение уровня фосфора в среднем на 75-90%. Часто количество остающейся массы фосфора воде на выходе с биологической стадии не превышает 0,5 мг/л. В некоторых случаях можно обойтись без последующего выделения в осадок, а в других случаях достаточной небольших доз хлорида железа.

При необходимости снизить уровень фосфора на биологической стадии рекомендуется обратиться за консультацией в АВ Celpateknik или к местному представителю компании, которые помогут при выполнении соответствующих расчетов и планов.

16. Проверка и обслуживание реактора CELPOX

Регулярное обслуживание агрегата CELPOX состоит из:

- 1) контроля напряжения приводных ремней “V” и их замены при необходимости;
- 2) регулярного контроля смазочных контейнеров SKF “System 24” во избежание работы подшипников всухую и их замены при необходимости.

Обе данные проверки выполняются одним человеком в течение нескольких минут. Интервалы приведены ниже.

16.1. Система приводных ремней “V”

Перед поставкой в цехе проверяют напряжение приводных ремней “V”. Если работники или представители АВ Celpateknik принимают участие в запуске агрегата, то напряжение ремней будет обязательно ими проверено и при необходимости также отрегулировано.

Новые приводные ремни “V” всегда немного растягиваются во время первых недель работы. Мы рекомендуем проверять их один раз в неделю во время первого месяца работы после запуска, и при необходимости затягивать.

После первого месяца работы напряжение приводных ремней “V” следует проверять через каждые три месяца, и при необходимости затягивать.

Трансмиссии с приводными ремнями “V” насосов CELPOX имеют повышенные габариты и при эксплуатации внутри здания их срок работы составляет по меньшей мере 3 года.

При работе с трансмиссией с приводными ремнями “V” следует отключить предохранительное устройство для предотвращения запуска мотора контрольной системой ВКЛ-ВЫКЛ.

Для проверки и регулировки трансмиссии с приводными ремнями “V” следует снять крышку с трансмиссии.

Электромотор прикреплен к шарнирной пластине. Затягивание ремня производится путем изменения угла данной пластины. Держащие пластину в заданном положении болты следует завинтить до 60 Nm.

Приводные ремни “V” в насосах:

	CELPOX-955	CELPOX-1273	CELPOX-1910
1. В циркуляционных насосах, кол-во	SPZ 1500/3	SPZ 1750/4	SPA 1850 MC/4
2. В струйном насосе, кол-во	SPZ 1500/3	SPZ 1700/4	SPA 1800 MC/4

16.2. Сборка пропеллерного насоса

Чертежи CELPOX 955, 1273 и 1910 : 1-4244а, 1-4236а, 1-5670а, 1-5677а, 3-9152 (см. в приложении).

Чертежи осевых насосов CELPOX 955, 1273 и 1910 : 1-4234с, 1-5669m, 1-9150а.

Идентичное устройство насосов (циркуляционных и струйных).

Оба насосных стержня имеют повышенные габариты для того, чтобы первые, критически важные обороты можно было безопасно выполнить на скорости, превышающей рабочую. Курсовые стержни также имеют подшипники повышенной выносливости и с заявленным сроком эксплуатации, превышающим, согласно SKF L10h, 100 000 часов, то есть 10 лет непрерывной работы.

При запуске нового насоса CELPOX его крупные подшипники, первоначально смазанные густой смазкой, могут нагреться до 60-70°C. Этот нагрев не должен вызывать беспокойства – после нескольких дней работы подшипников, когда излишняя смазка распределится по поверхности, их движение облегчится и температура снизится.

Так как необходимость в ремонте насосов и вообще оборудования CELPOX в целом возникает крайне редко, указания по ремонту здесь не приводятся. Если

возникнет проблема, то рекомендуется обратиться за консультацией в АВ Celpatechnik или к местному представителю компании.

Колеса насоса устанавливаются на стержни с тугой посадкой и также закрепляются болтом с головкой под чеку и пластиковой концевой пластиной. Если по какой-либо причине нужно будет заменить насосное колесо, это следует сделать в мастерской, используя соответствующие инструменты.

Сборные насосы поставляются с тщательно сбалансированными стержнями, которые прошли проверку, в том числе опробованы на полной рабочей скорости в нашем цеху. Балансировка выполняется при помощи колец (20 штук) со смещенными массами, повернутыми по отношению друг к другу и компенсирующими таким образом смещение массы собираемого стержня. Кольца со смещенными массами устанавливаются на стержни с тугой посадкой и каждое кольцо закрепляется двумя упорными болтами, а поверх наносится капля Loctite 270.

Насосные колеса имеют передние грани в виде сильно отклоненных назад логарифмических спиралей, их форма препятствует застреванию тряпок и другого подобного мусора. Если какой-то предмет все же застрянет между лопастями насоса и диффузором, то стержень может погибнуть без риска поломки.

16.3. Смазывание шарикоподшипников

Кожухи подшипников оборудованы системой автоматической смазки SKF “System 24” (см. в приложении). Контейнеры со смазкой следует заменять по мере надобности – когда они опустеют. Предварительные настройки сделаны из расчет на один (1) год потребления смазки. На контейнере следует отметить дату предстоящей замены. Проверку количества оставшейся в контейнере смазки следует проводить регулярно, через каждые три месяца.

16.4. Прикрепление насосных перемычек

В соответствии с чертежами насосов, насосные перемычки прикрепляются к верхнему фланцу корпуса CELPOX при помощи болтов и стопорных гаек.

Следует отметить, что как нижняя поверхность насосной перемычки, так и верхний фланец корпуса CELPOX не являются обработанными поверхностями. Они соединены опытными сварщиками, но все же могут иметь волнистую поверхность и незначительный перекосяк.

Если после ручного завинчивания болтов между перемычкой и фланцем остается значительный зазор, то в него следует поместить клинья или отрезки листового металла до его полного исчезновения, и лишь затем окончательно затянуть болты.

Если волнистость или перекос выровнены при окончательном затягивании болтов, то позднее могут появиться разломы или трещины на насосной перемычке, фланце или болтах.

17. Библиография

- | | | |
|-----|---------------------------|---|
| (1) | Habeck-Tropfke | Abwasserbiologie |
| (2) | P. Kunz | Behandlung von Abwasser |
| (3) | Mudrack-Kunst | Biologie der Abwasserreinigung |
| (4) | B. Böhnke | Das AB-verfahren |
| (5) | EPA / 625 / 1-89 / 023 | Fine Pore Aeration Systems |
| (6) | Einsele / Finn / Samhaber | Mikrobiologische und biochemische Verfahrenstechnik |