

Решение о внедрении разработанной нами технологической схемы очистки и доочистки сточных вод находится в компетенции автозавода и связано с его экономическими возможностями.

Литература

1. Родионов А.И., Кузнецов Ю.П., Соловьев Г.С. Защита биосферы от промышленных выбросов. – М.: Химия, КолосС, 2005.
2. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – М, 2006.
3. СНиП 2.04.03–85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М., 2005.
4. СНиП 2.04.02–84*. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. – М., 2010.

Управление газообменом при культивировании фототрофных микроорганизмов

Макеев П.П., д.т.н. проф. Бирюков В.В., к.т.н. Архипов М.Ю., Стехновская Л.Д.
Университет машиностроения
makeev_4205@mail.ru

Аннотация. Вопросы оптимального управления процессом культивирования фототрофных микроорганизмов, в частности микроводорослей, в настоящее время актуальны как при решении проблемы утилизации избыточного углекислого газа, выделяемого в атмосферу при сжигании природного топлива, так и для задачи получения биотоплива на основе биомассы фототрофов.

Ключевые слова: фототрофы, управление процессом культивирования, углекислый газ, кислород

При культивировании фототрофов, в отличие от культивирования гетеротрофов, газообмен представляет собой потребление углекислого газа и выделение кислорода. В ряде работ показано, что кислород как продукт метаболизма является ингибирующим компонентом для микроводорослей и требуется поддержание его концентрации в среде не выше допустимой (6% по pO_2). С другой стороны, поддержание концентрации углекислого газа как субстрата должно быть на уровне, обеспечивающем высокую скорость роста микроводорослей. В то же время имеются экспериментальные работы, в которых показано, что для некоторых видов микроводорослей его повышенная концентрация (выше 6% – 10% по pCO_2) является ингибирующей. Таким образом, при культивировании фототрофов должны одновременно регулироваться два параметра, влияющие на рост и развитие фототрофных микроорганизмов: концентрация (парциальное давление) углекислого газа – C_{CO_2} и pCO_2 – и кислорода – C_{O_2} и pO_2 .

Теоретический анализ

Концентрации упомянутых выше растворённых газов можно найти из уравнений материального баланса в жидкости и газе, представленных ниже:

$$Q_{CO_2} = K_{CO_2} (pCO_2^* - pCO_2), \quad (1)$$

$$Q_{O_2} = K_{O_2} (pO_2^* - pO_2). \quad (2)$$

Здесь: Q_{CO_2} и Q_{O_2} – объёмные (молярные) скорости потребления CO_2 и выделения O_2 культурой микроорганизмов;

K_{CO_2} и K_{O_2} – коэффициенты массопередачи «газ- жидкость» для растворения CO_2 и выделения O_2 соответственно;

pCO_2 и pO_2 – парциальные давления текущих концентраций растворённых в жидкости CO_2 и O_2 ;

pCO_2^* и pO_2^* – парциальные давления CO_2 и O_2 в выходящем газовом потоке.

С другой стороны, можно найти концентрации этих компонентов в газовой фазе из материального баланса в газовом потоке:

$$Q_{CO_2} = F (C^{CO_2}_{ВХ} - C^{CO_2}_{ВЫХ}), \quad (3)$$

$$Q_{O_2} = F (C^{O_2}_{ВЫХ} - C^{O_2}_{ВХ}). \quad (4)$$

Скорости потребления CO_2 и выделения O_2 культурой микроорганизмов пропорциональны скорости роста биомассы Q_X :

$$Q_{CO_2} = Y_{XCO_2} Q_X \quad (5)$$

$$Q_{O_2} = Y_{XO_2} Q_X \quad (6)$$

Здесь Y_{XCO_2} и Y_{XO_2} – стехиометрические коэффициенты, показывающие, сколько потребляется углекислого газа и выделяется кислорода при образовании единицы массы биомассы.

Соотношение стехиометрических коэффициентов в молярном исчислении для газов аналогично объёмному соотношению RQ . Известно, что для большинства фототрофов этот показатель равен 1.

F – объёмный расход газового потока через ферментёр.

Если скорость подачи CO_2 точно соответствует скорости образования биомассы и скорости выделения кислорода, а других газов в газовом потоке нет, то объёмная концентрация каждого из этих газов в выходящем потоке газа составляет 50%. Эта концентрация неблагоприятна для роста биомассы как с точки зрения повышенной концентрации субстрата (CO_2), так и ингибирующего продукта (O_2). Поэтому очевидно, что газовый поток, если он является управляющим воздействием, должен быть разбавлен другим газом, проще всего инертным – азотом. Но простое разбавление недостаточно. Концентрации CO_2 и O_2 должны быть не просто небольшими, но каждая из них должна поддерживаться на своём собственном оптимальном уровне. Для этого одного управляющего воздействия недостаточно. Ниже приведены возможные варианты управления процессом газообмена и дан их анализ.

Варианты систем управления процессом фотосинтеза

В известных технологических схемах культивирования фототрофов регулируют, как правило, концентрацию CO_2 и не учитывают ингибирующее воздействие на процесс повышенной концентрации растворенного кислорода. Необходим такой алгоритм управления, который позволяет регулировать и концентрацию кислорода, и концентрацию углекислого газа в биореакторе.

Рассмотрим различные варианты регулирования концентрации растворенного углекислого газа при непрерывном культивировании фототрофов.

Открытые барботажные системы (выброс выхлопных газов в атмосферу):

– *Регулирование pCO_2 подачей углекислого газа в смеси с воздухом (2 – 5 % CO_2)*. Несмотря на то, что при добавлении CO_2 к воздуху концентрация кислорода в газовой смеси уменьшается, она все равно остаётся высокой – даже при 10% содержании CO_2 в смеси с воздухом содержание кислорода в этой смеси составит 19%. Соответственно pO_2 в культуральной среде будет близко к равновесному с газовой фазой. Такой смесью достичь уменьшения концентрации растворенного кислорода до необходимого предела (примерно 2 – 5 % по pO_2) невозможно.

– *Регулирование pCO_2 подачей чистого CO_2* . Заданная концентрация растворенного углекислого газа достигается при слабом барботаже. Учитывая, что при газообмене диффузионный коэффициент O_2 в жидкости в двадцать раз меньше диффузионного коэффициента CO_2 , образующийся при культивировании кислород будет накапливаться, несмотря на частичный отдув O_2 при барботаже, что приведет к ингибированию процесса.

– *Регулирование $p\text{CO}_2$ подачей небольших концентраций углекислого газа в смеси с азотом.* Барботаж при этом более интенсивный, что улучшает отдув кислорода из культуральной жидкости, однако $p\text{O}_2$ остается нерегулируемым параметром и подача такой смеси стоит довольно дорого.

– *Регулирование $p\text{CO}_2$ дымовыми газами при сжигании природного топлива, например, в ТЭЦ.* Дымовые газы содержат до 15% углекислого газа, азот и 2 – 5 % кислорода. Преимуществом перед предыдущим вариантом является сниженная стоимость, но концентрация растворенного кислорода остаётся нерегулируемым параметром. Кроме того, при барботаже дымовой газ выбрасывается в атмосферу, что является из-за повышенных концентраций CO_2 в выбрасываемых газах недостатком метода.

Закрытые барботажные системы (циркуляция газовой смеси)

Представляют интерес замкнутые системы по газу с экономным использованием углекислого газа. Регулирование $p\text{CO}_2$ обеспечивается добавлением CO_2 в циркуляционный газовый контур. В газовой фазе может быть смесь CO_2 с воздухом или с азотом. В обоих случаях в процессе культивирования в системе будет накапливаться кислород и повышаться общее давление в аппарате. При стабилизации давления в аппарате клапаном на выхлопной линии постепенно будет уменьшаться концентрация азота. В итоге все эти факторы приводят к ингибированию процесса культивирования кислородом.

Рассмотренные выше варианты систем для поддержания оптимальной концентрации растворенного углекислого газа, которые имеют применение в настоящее время, не могут полностью решать задачу оптимального режима газообмена в целом одноконтурным регулированием. Для реализации двухконтурной системы управления газообменом нами предлагается следующее.

Для закрытой системы в циркуляционном контуре предполагается использовать газоразделительный блок на основе мембранной технологии, в котором разделяются кислород и азот. Азот не будет теряться, а кислород удаляется в атмосферу. Регулирование $p\text{O}_2$ можно осуществлять изменением перепада давления на мембране блока. Регулирование $p\text{CO}_2$ производится добавлением CO_2 в систему.

Рациональный вариант системы управления

Наше предложение для открытой газовой системы заключается в следующем: используется дымовой газ, который предварительно проходит блок моноэтаноламиновой очистки от CO_2 (после очистки в газовой фазе практически присутствует только азот, а углекислый газ – остается в растворе моноэтаноламина). Этот дымовой газ (почти чистый азот) подается на барботаж для регулирования $p\text{O}_2$.

Для регулирования $p\text{CO}_2$ подается углекислый газ, регенерированный из этого же блока очистки. Выхлопные газы из фотобиореактора, содержащие кислород, азот и CO_2 направляются в блок моноэтаноламиновой очистки, где поглощается углекислый газ, а азот и кислород выбрасываются в атмосферу.

Таким образом, реализуется двухконтурная система управления газообменом, при которой атмосфера не загрязняется углекислым газом.

Работа выполнена в рамках выполнения государственного контракта №14.512.11.0095 по теме «Разработка научно-технических основ технологии и аппаратуры для культивирования фототрофных микроорганизмов с целью получения моторного биотоплива из газовых выбросов тепловых электростанций».

Литература

1. Цоглин Л.Н., Аврамова С., Гебов А., Дилов Хр., Семененко В.Е. Изучение O_2 газообмена и оптимизация режима культивирования микроводорослей в открытых установка типа «Шетлик» // Ин-т физиологии растений им. К.А.Тимирязева, АН СССР, Физиология растений, Т. 27, вып.3.

2. Акыев А.Я., Цоглин Л.Н. Влияние кислорода на O_2 газообмен и на рост биомассы клетки в цикле развития *Chlorella* // Физиология растений, Т.39, Вып.3, 1992.
3. Акыев А.Я., Цоглин Л.Н. O_2 -газообмен накопления биомассы в клеточном цикле *Chlorella irras C-1* в зависимости от содержания O_2 в культуральной среде// Физиология растений, Т.41, вып.3, 1993.
4. Цоглин Л.П., Габель Б.В., Фалькович Е.Н., Семененко В.Е. Фотобиореакторы закрытого типа для культивирования микроводорослей // Физиология растений, 1996, Т.43 № 1.

Определение краевого угла смачивания композиции полимерных составов для оросителей градирен

Носков С.А., д.т.н. проф. Баранов Д.А., к.т.н. проф. Скопинцев И.В., Шибанов А.В.
Университет машиностроения
iskopincev@mail.ru

Аннотация. Исследованы углы смачивания полимерных композиций с различным содержанием древесной муки. Установлено, что с увеличением концентрации древесной муки в полимерной композиции краевой угол смачивания существенно уменьшается, т.е. увеличивается гидрофильность оросителя, что ведет к замедлению движения водной пленки с увеличением ее способности к растеканию. Полученные результаты могут быть применены для повышения эффективности работы градирен.

Ключевые слова: эффективность работы градири, полимерная композиция, угол смачивания

Разработка состава полимерной композиции для градирен является актуальной задачей при производстве эффективных конструкций оросителей. Эффективность процесса испарительного охлаждения в градирях определяется не только конструктивными особенностями оросителей, но и, в значительной мере, свойствами композиций полимерных материалов, используемых для их изготовления. Одним из таких определяющих свойств композиции является гидрофильность (смачиваемость) поверхности, позволяющая равномерно распределять пленку воды по оросителю, чем увеличивать активную поверхность воды с воздухом в единице объема насадки.

В настоящее время для изготовления оросителей в промышленной практике используются оросители, изготовленные на основе базовых марок полимера со стандартным наполнением стабилизаторами. Поскольку на процесс испарительного охлаждения положительно влияет гидрофильность поверхности оросителя (за счет способности создавать тончайшие пленки на поверхности оросителя), то идет поиск соответствующих композиций. Дополнительным условием поиска является невысокая стоимость компонентов.

В связи с вышесказанным, в Университете машиностроения были разработаны рецепты полимерных композиций с добавлением к базовым маркам полимера древесной муки, которая является наиболее дешевым наполнителем и благоприятно влияет на гидрофильность поверхности. За основное связующее взят гранулированный полиэтилен низкого давления литьевой марки 277-73, получаемый газофазным методом. Для определения гидрофильности полимерной композиции древесная мука добавлялась к полимеру в разных процентных соотношениях.

Физико-механические характеристики композиций на основе полимерных материалов существенно зависят от гомогенности полученных смесей, которая, в свою очередь, определяется параметрами смешения на конкретном оборудовании. Для получения однородной смеси в условиях повышенных температур (выше температуры плавления полимера) использовались смесительные вальцы, фотография которых представлена на рисунке 1. Смеситель-