УДК 628.35

Студ. А.С. Янчук, студ. Е.В. Климкович
Науч. рук. доц. М.В. Рымовская (кафедра биотехнологии, БГТУ);
ст. преп. А.К. Болвако (кафедра физической, коллоидной
и аналитической химии, БГТУ)

СТАБИЛИЗАЦИЯ pH В МОДЕЛЬНЫХ КУЛЬТУРАЛЬНЫХ СРЕДАХ С РАЗЛИЧНОЙ БУФЕРНОЙ ЕМКОСТЬЮ

Во всем мире интенсивно развиваются технологии анаэробной обработки промышленных сточных вод, потому что в результате такой обработки образуется биогаз – экологически чистый энергоноситель, а эксплуатационные расходы, по сравнению с аэробной очисткой, в три раза меньше. Недостатки анаэробного метода связаны с низкой скоростью роста анаэробных бактерий, их чувствительностью к изменению pH, температуры и колебаниям концентраций загрязнений в сточной воде.

Гидролитическая, кислотогенная и ацетогенная стадии успешно протекают при pH 5,0–7,0, тогда как метаногенез возможен при pH 6,5−7,5, оптимальное значение pH составляет 6,8–7,2. В условиях стабильного функционирования биореактора анаэробная биосистема способна к саморегулированию pH среды в оптимальных пределах за счет сбалансированных процессов образования подкисляющих (летучие жирные кислоты) и подщелачивающих (ионы аммония) метаболитов. Длительное сохранение pH среды в биореакторе менее 5 и более 9 затормаживает метаногенез, но процесс быстро возобновляется при восстановлении оптимальной величины pH. По этой причине обычной практикой является дозирование при необходимости химических реагентов для коррекции pH.

В связи с этим важное значение имеет буферная емкость ферментационной среды, которая в естественных условиях метаногенеза создается прежде всего угольной кислотой, летучими жирными кислотами и ионами аммония. Считается, что чем больше буферная емкость среды в биореакторе, тем устойчивее биосистема к изменениям pH.

Схема эксперимента включала приготовление смесей растворов уксусной кислоты и аммиака с варьированием концентрации от 0,02 до 0,04 моль/дм³ с шагом 0,01 моль/ дм³, измерение их pH при 20° и 30°C для оценки изменения pH в результате снижения растворимости в первую очередь углекислого газа, участвующего в формировании буферности, а также самих компонентов системы – уксусной кислоты и аммиака. Выбор сочетаний и температур основан на анализе реальных эксплуатационных данных анаэробного биореактора ОАО «Ту-

ровский молочный комбинат» и общих рекомендациях по эксплуатации таких биореакторов. Нами была рассчитана также разница pH при 30°C и приемлемого для метаногенных бактерий значения pH (7,0), позволяющая количественно оценить степень отклонения и потому – негативного воздействия на метаногенные бактерии в реальных системах. Если созданные нами системы имели кислый pH, их нейтрализовывали по pH-метру до pH 7,0 с использованием 0,05 н. раствора гидрокарбоната натрия.

Значения pH при эквимолярных соотношениях компонентов были близки к нейтральному значению (6,5–6,7), что объясняем смещением pH в кислую сторону растворением CO_2 из воздуха с образованием карбонат- и гидрокарбонат-ионов. В растворах, где наблюдалась щелочная среда, разница значений pH при 20° и 30°C составила 0,2–0,4, что, вероятно, связано со снижением растворимости аммиака и его улетучиванием. В растворах, где наблюдалась кислая среда, разница значений pH при 20° и 30°C была незначительной – не более 0,1. Наибольшее отклонение pH при 30°C от нейтральности наблюдается в растворах, где аммиак в избытке: разница составляет 2,5–3,5 в сопоставлении с вариантами, где в избытке уксусная кислота (1,5–2,0).

Полученные результаты в целом согласуются с константами ионизации изученных протолитов, а влияние растворенного CO_2 требует дополнительного изучения, поскольку константа диссоциации угольной кислоты в большей степени зависит от ионной силы раствора.

Для стабилизации pH в буферных системах использована коррекция pH до 7,0 с использованием раствора гидрокарбоната натрия, соотношение анионов ацетата к катиону натрия составило 0,65–0,90, недостаток щелочного агента при эквимолярном соотношении вносимых реагентов в исследованных системах составляет 0,0015 моль.

Для оценки буферной емкости исследуемых растворов было проведено компьютерное моделирование кислотно-основных равновесий с использованием программы CurTiPot. Анализ буферной емкости от величины pH для уксусной кислоты (pK_a = 4,76) и водного раствора аммиака (pK_b =9,24) показал, что максимум буферной емкости будет достигаться при величинах pH в окрестностях значений pK соответствующего протолита. Стабилизацию pH системы лучше вести с использованием комплекса ионов, имеющих буферную емкость в области pH 6,0–8,0, предпочтительно – характерных для биологической системы анаэробного биореактора (гидроксидов, карбонатов и гидрокарбонатов щелочных и щелочноземельных металлов). При наличии других сильных электролитов (в реальных смесях) и высокой ионной силе раствора осуществить оценку pH не представляется возможным.