

Введение В настоящее время метод биологической очистки сточных вод является наиболее универсальным и широко применяемым при обработке стоков. Однако традиционные биологические очистные сооружения работают с перегрузкой и часто не выдерживают современных требований к качеству очищенной воды, а также к стабильности и устойчивости работы. В последние годы в нашей стране и за рубежом ведутся активные поиски способов интенсификации классических методов биологической очистки, в том числе и с помощью добавления биологически активных веществ (БАВ) в сточные воды при очистке [1, 2]. Изучение действия биологически активных веществ, используемых в сверхнизких концентрациях, которые по своим свойствам близки к природным регуляторам роста, представляет особый интерес для специалистов в области биотехнологии для решения задач в области защиты окружающей среды [3]. Целью данной работы явился анализ влияния гуминового препарата на рост микроорганизмов активного ила с целью интенсификации процесса биологической очистки в аэротенке. Гуминовый препарат – суспендированное комплексное гуминовое удобрение. Его состав включает в себя макро- и микроэлементы, природные стимуляторы роста – гуминовые и фульвиновые соединения. Препарат представляет собой пастообразное вещество темно-коричневого цвета, малотоксичен, IV класс опасности. Все это делает гуминовые соединения потенциальными стимуляторами биологической очистки сточных вод [4].

Экспериментальная часть Для проведения работы по изучению влияния биологически активного вещества – гуминового препарата были выбраны микроорганизмы *Serratia marcescens* и *Bacillus megaterium*, поскольку данные микроорганизмы в наибольшем количестве присутствовали в активном иле очистных сооружений. Для проведения работы по изучению влияния биологически активного вещества – гуминового препарата использовалась надыловая жидкость активного ила биологических очистных сооружений ОАО «Казаньоргсинтез». Непосредственно изучение влияния гуминового препарата осуществлялось на жидкой среде. Посевным материалом служила 18-часовая культура бактерий и надыловой жидкости активного ила. Посев с инокулята осуществляли на жидкую среду с гуминовым препаратом в конечных концентрациях 100, 10-1, 10-2, 10-3, 10-4 г/л. В качестве контроля использовалась среда без препарата. Культивирование микроорганизмов проводили при 28°C на вибростенде в течение 48 ч. Выбор контрольных точек эксперимента обусловлен тем, что 8 ч соответствует лаг-фазе роста, 24 ч – экспоненциальной фазе роста, 32 – началу стационарной фазы, 48 – периоду отмирания культуры. Динамика роста *B. megaterium* при внесении гуминового препарата в концентрациях 10-4, 10-3, 10-2, 10-1, 100 г/л представлена на рисунке 1. Рис. 1 – Динамика роста *B. megaterium* при внесении гуминового препарата в концентрациях 10-4 (-4), 10-3 (-3), 10-2 (-2), 10-1 (-1), 100 (0) г/л и в отсутствии препарата (К) Результаты исследований показали, что применение

гуминового препарата стимулирует рост *B. megaterium* на 8 – 32 ч роста в концентрациях 10⁻¹, 10⁻² г/л на 16 – 30 % и 26 – 48 % относительно контроля, соответственно. Внесение в среду гуминового препарата в концентрациях 10⁻³ и 10⁻⁴ г/л приводило на 8 – 24 ч к снижению роста бактерий на 6 – 12 и 25 – 50 % относительно контроля, соответственно. В тоже время на 32 ч роста гуминовый препарат оказывал ингибирующее воздействие на рост культуры микроорганизмов в концентрациях 10⁻⁴ и 10⁻³ г/л, а в концентрации 10⁻² г/л, напротив, стимулировал рост микроорганизмов на 21 %. Максимальный стимулирующий эффект на 48 ч был показан для концентраций 10⁻² и 10⁻³ г/л. Далее было проведено исследование динамики роста *S. marcescens* при внесении гуминового препарата в тех же концентрациях (рис. 2). Рис. 2 – Динамика роста *S. marcescens* при внесении гуминового препарата концентрацией 10⁻⁴ (-4), 10⁻³ (-3), 10⁻² (-2), 10⁻¹ (-1), 10⁰ (0) г/л и в отсутствии препарата (к) Результаты исследований показали, что применение гуминового препарата стимулирует рост бактерий *S. marcescens* на 24 ч роста в концентрациях 10⁻², 10⁻³ г/л на 50 % и 13 % относительно контроля, соответственно. Внесение в среду гуминового препарата в концентрациях 10⁰, 10⁻¹, и 10⁻⁴ г/л приводило на 24 ч к снижению роста бактерий на 38, 20 и 15 % относительно контроля, соответственно. На 32 – 48 ч роста гуминовый препарат оказывал ингибирующее воздействие на рост культуры микроорганизмов в концентрациях 10⁰ и 10⁻¹ на 8 – 40 % и 10 % соответственно. Концентрации 10⁻² и 10⁻³ г/л на 32 – 48 ч, напротив, оказывали стимулирующее воздействие на рост бактерий (на 36 – 40 % и 4 – 38 %). Таким образом, было показано, что максимальный стимулирующий эффект на рост микроорганизмов *B. megaterium* и *S. marcescens* достигается при применении растворов гуминового препарата в концентрациях 10⁻¹, 10⁻² и 10⁻³ г/л. Полученные данные свидетельствуют о способности данного препарата оказывать различное воздействие на рост бактерий в зависимости от концентрации, что может быть использовано для интенсификации очистки сточных вод. Можно предположить, что стимуляция роста бактерий связана с влиянием данного физиологически активного соединения на различные процессы жизнедеятельности клетки, что требовало дальнейшего изучения влияния гуминового препарата на рост и жизнедеятельность на биоценоз активного ила. Экспериментальные исследования биологической очистки сточных вод производились на установке, состоящей из двух конструктивно идентично выполненных упрощенных физических моделей биологических очистных сооружений, смонтированных на одной технологической раме. Установка была предназначена для проведения сравнительных экспериментов: - контрольный аэротенк реализовывал традиционный процесс биологической очистки реальных сточных вод; - опытный аэротенк был представлен для проведения процесса биологической очистки сточных вод с использованием гуминового препарата. Аэротенк представлял

собой реактор, куда подавался воздух и иловая суспензия для очистки сточных вод. Отбирались пробы очищенной воды в смеси с иловой суспензией через определенные промежутки времени, затем активный ил отделялся фильтрованием, и анализировалось значение ХПК очищенной воды. Также осуществлялся биологический анализ активного ила в начале и в конце каждого эксперимента [5]. В первом эксперименте в опытном аэротенке проводился процесс очистки стоков в присутствии гуминового препарата в концентрации 10–2 г/л, а в контрольном аэротенке – традиционная биологическая очистка. Полученные данные показали, что на протяжении всего эксперимента процесс с гуминовым препаратом уступал по степени очистки системе с традиционной биологической очисткой. В конце эксперимента контрольный аэротенк обеспечивал на 17,8 % более глубокую степень очистки сточной воды, чем опытный (рис. 3). Рис. 3 – Кинетика изменения ХПК при внесении гуминового препарата концентрацией 10–2 г/дм³ (–2) и в отсутствии препарата (К) Во втором эксперименте в опытном аэротенке проводился процесс очистки стоков в присутствии гуминового препарата в концентрации 10–3 г/л, а в контрольном аэротенке – традиционная биологическая очистка (рис. 4). Рис. 4 – Кинетика изменения ХПК при внесении гуминового препарата концентрацией 10–3 г/л (–3) и в отсутствии препарата (К) Установлено, что в первые три часа гуминовый препарат оказывает положительный эффект на степень очистки по сравнению с традиционной биологической очисткой, так за 3 часа эксперимента значение ХПК с 462 мг О₂/дм³ снизилось до 132 мг О₂/дм³, в то время как при традиционной биологической очистке значение ХПК к этому времени составило 192 мг О₂/дм³. К 8 часу эксперимента опытный аэротенк обеспечивал степень очистки 95 %, а контрольный – 89,2 %. В конце эксперимента опытный аэротенк обеспечивал на 2,6 % более глубокую очистку сточной воды, чем контрольный, а в среднем на 7,1 %. Полученные данные позволяют сделать вывод, что применение гуминового препарата в концентрации 10–3 г/дм³ способствует более глубокой очистке сточных вод. Таким образом, показана способность гуминового препарата оказывать различное воздействие на рост микроорганизмов активного ила в зависимости от концентрации и стадии роста, что может быть использовано для интенсификации очистки сточных вод, а также подобрана концентрация препарата 10–3 г/л, которая способствует более глубокой очистке сточных вод.