УДК 628.356.39

М. В. Рымовская, мл. науч. сотрудник; Н. С. Ручай, доцент

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ БИОСОРБЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ХИМИЧЕСКИ ЗАГРЯЗНЕННОГО СТОКА ОАО «ПОЛИМИР»

The experimental test results of biosorption technological process to chemical wastewater from nitriles by open joint-stock company «Polymir» at industrial operation are presented in this work. Specific productivity was 6–9 kg COD/(m^3·day), and nitriles destruction rate per unit of sorbent mass 18 mg/(g·day) has been achieved. Possibility of biosorber effective work at industrial conditions (low temperature (about 20°C) and sizeable fluctuation of wastewater dirtyness level) has been demonstrated. Local wastewater treatment from chemical substances will allow to reduce the load of nitriles to municipal biological wastewater treatment construction, to normalize oxidative ability of activated sludge and reduce energy costs to treatment process of wastewater total volume.

Введение. В сфере промышленного производства Республики Беларусь значительный объем сточных вод образуется в нефтехимической отрасли, стоки предприятий которой отличаются присутствием чужеродных для окружающей среды токсичных загрязнителей. Сброс химически загрязненного стока на городские биоочистные сооружения без предварительной очистки от токсичных соединений невозможен из-за угнетения жизнедеятельности биоценоза активного ила аэротенков.

Особенностью сточной воды ПО «Полимир» (г. Новополоцк, Республика Беларусь), являющегося крупным производителем полиакрилонитрильных волокон и мономеров для их производства, являются значительные колебания качественного и количественного состава токсичных загрязнителей (органических соединений ряда нитрилов), что оказывает негативное влияние на жизнедеятельность микроорганизмов активного ила и приводит к снижению эффективности биологической очистки сточной воды.

Выполненные исследования [1, 2] показали, что для детоксикации химически загрязненного производственного стока применим биосорбционный метод, при котором в одном аппарате (биосорбере) совмещаются процессы адсорбции и биохимического окисления загрязняющих веществ. При этом в реакционной зоне аппарата создается высокая концентрация микроорганизмов-деструкторов и их экзоферментов, обеспечивается защитное действие сорбента (активированного угля) по отношению к микроорганизмам при повышенных концентрациях токсичных загрязнителей.

В результате проведенных экспериментов по моделированию процесса очистки производственного стока ОАО «Полимир» (г. Новополоцк) установлено, что увеличение концентрации ацетонитрила и нитрила акриловой кислоты в стоке до уровня 3000 мг/л не оказывает заметного ингибирующего воздействия на микроорганизмы, закрепленные на поверхности активированного угля, тогда как окислительная способность активного ила аэротенков снижается при концентрации указанных выше соединений в стоке более 50 мг/л. Биосорбер с псевдоожиженным слоем частиц активированного угля продемонстрировал устойчивые и высокие эксплуатационные характеристики. В аэробных условиях обработки химически загрязненной сточной воды удельная производительность биосорбера достигает 10 кг ХПК/($м^3$·сут). Обогащение сточной воды биогенными элементами повышает степень ее очистки и удельную производительность биосорбера. На основании результатов исследований разработан технологический процесс биосорбционной очистки сточной воды производства полимеров от соединений ряда нитрилов.

В настоящей работе представлены результаты опытной проверки разработанного технологического процесса в условиях промышленной эксплуатации.

Установки и методы. Монтаж опытной установки производительностью 1500 л/сут был осуществлен на распределительной чаше загрязненной химическими веществами сточной воды ОАО «Полимир» в цехе 020 (очистные сооружения). Схема опытной установки представлена на рис. 1. Сточная вода, загрязненная токсичными органическими соединениями, насосом подается в нижнюю часть биосорбера, представляющего собой колонну диаметром 250 мм и высотой 1800 мм, в которой на металлической сетке, установленной на высоте 200 мм от днища аппарата, размещен активированный уголь АГ-5 (размер частиц – 1–1,5 мм) в количестве 8 кг. В верхней части аппарата установлена пластиковая сетка для предупреждения выноса частиц активированного угля из аппарата. Размер ячеек верхней и нижней сеток – 1 мм. Из верхней части аппарата очищаемая вода самотеком выводится в промежуточную емкость объемом 100 л, в которой насыщается кислородом продувкой воздухом, и циркуляционным насосом возвращается в биосорбер. Циркуляция очищаемой воды через биосорбер обеспечивает формирование псевдоожиженного слоя частиц активированного угля. Отвод биологически очищенной воды осуществляется самотеком из верхней части промежуточного сборника.

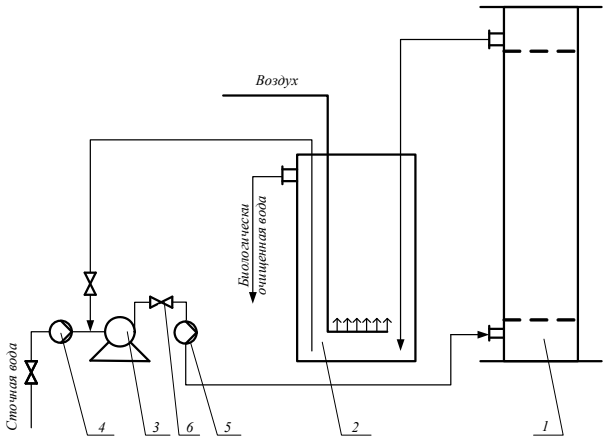

Рис. 1. Технологическая схема опытной установки для биосорбционной очистки сточной воды ОАО «Полимир»: *1* – биосорбер; *2* – аэрационная емкость; *3* – центробежный насос; *4*, *5* – расходомер; *6* – задвижка

В эксперименте осуществляли обогащение производственного стока фосфором в неорганической форме (ортофосфорная кислота) в количестве, соответствующем соотношению БПК : Р = 100 : 1.

Для определения химического потребления кислорода использовали бихроматный экспрессный метод, основанный на реакции окисления органических и неорганических веществ бихроматом калия в кислой среде [3, с. 39–40].

Массовую концентрацию аммонийного азота и суммарное содержание азотсодержащих органических соединений ряда нитрилов определяли по МВИ. МН 1516–2001 «Методика выполнения измерений концентрации аммонийного азота и нитрилов в сточных водах титриметрическим методом».

Массовую концентрацию растворенного кислорода определяли с использованием кислородомера типа АЖА-101.

Результаты эксперимента и их обсуждение. Апробация разработанной биосорбционной технологии проводилась в период с 12 ноября по 7 декабря 2007 г. на смешанном потоке химически загрязненной сточной воды.

Концентрация соединений нитрильного ряда в химически загрязненной воде значительно изменяется на протяжении суток (на рис. 2 показаны колебания этой величины в период с 28 ноября по 7 декабря 2007 г.). При обработке результатов испытаний рассчитывали средние значения показателей.

Результаты испытаний, представленные в таблице, коррелируются с полученными ранее в лабораторных условиях экспериментальными данными и подтверждают высокую эффективность биосорбционного метода предварительной очистки сточной воды полимерного производства: степень очистки химически загрязненного производственного стока по соединениям ряда нитрилов достигает 77% (рис. 3). Удельная производительность биосорбера по деструктированным загрязнениям составила 6–9 кг ХПК/($м^3$·сут) (рис. 4), а скорость деструкции органических соединений ряда нитрилов в расчете на единицу массы активированного угля достигает 18 мг/(г·сут) (рис. 5).

Таблица

Результаты испытаний опытной биосорбционной установки

Расход сточной воды, л/ч	Время пребывания в биосорбере, ч	Температура, °С		pH		Растворенный кислород, мг/л	ХПК, мг/л		Азот аммонийный (в пересчете на азот), мг/л		Азот нитрилов, мг/л			
											на нитрильную группу		на нитрил акриловой кислоты	
		Вход	Выход	Вход	Выход		Вход	Выход	Вход	Выход	Вход	Выход	Вход	Выход
10	7,5	20	17	8,6	7,8	4,67	550	330	34,3	20,7	86,5	35,0	176,2	71,3
10	7,5	26	20	9,9	8,0	4,55	660	330	69,9	44,0	72,1	16,2	146,9	33,0
30	2,5	25	20	9,6	8,4	3,78	740	350	46,6	26,2	102,6	42,0	209,1	85,6
45	1,7	22	20	9,8	9,1	3,48	620	330	56,8	40,0	76,8	32,2	156,5	65,2
50	1,5	23	19	11,8	9,5	5,24	630	320	52,8	41,2	85,9	30,3	175,0	61,8
80	1,1	21	19	9,5	8,9	2,17	750	410	45,1	36,4	74,4	42,3	151,6	86,2

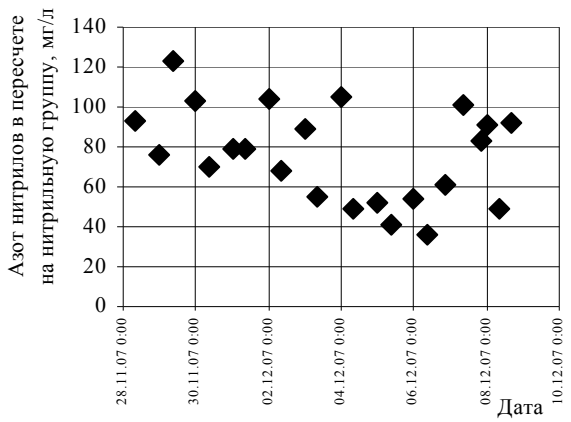

Рис. 2. Концентрация соединений ряда нитрилов в исходной сточной воде

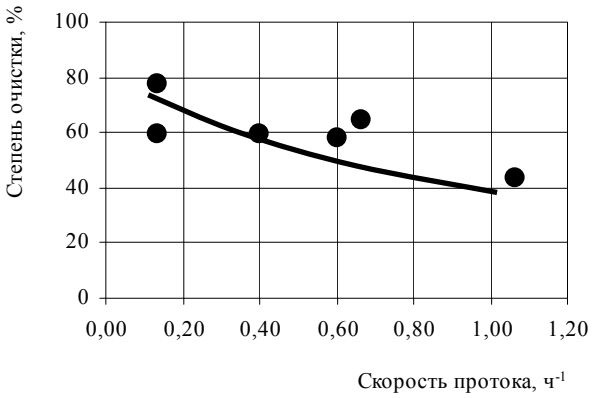

Рис. 3. Эффективность очистки сточной воды по органическим соединениям ряда нитрилов

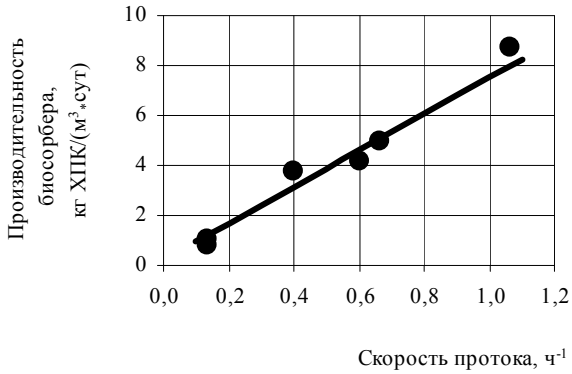

Рис. 4. Удельная производительность биосорбера по деструктированным загрязнениям (на единицу рабочего объема биосорбера)

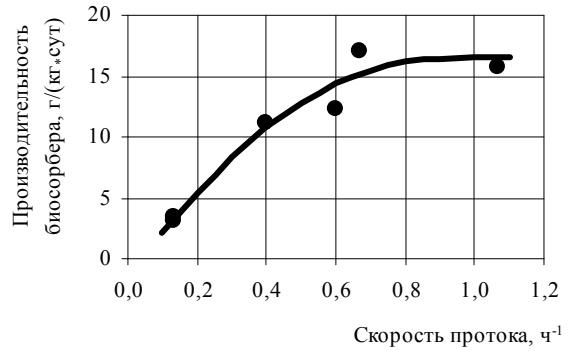

Рис. 5. Удельная производительность биосорбера по деструктированным органическим соединениям ряда нитрилов (на единицу массы активированного угля)

Заключение. Результаты опытных испытаний разработанной технологии биосорбционной очистки химически загрязненного производственного стока свидетельствуют о возможности эффективного функционирования биосорбера в производственных условиях: при низких температурах (около 20°С) и значительных колебаниях входных параметров сточной воды (концентрации нитрилов, pH сточной воды) степень очистки по соединениям ряда нитрилов достигает 77%, а производительность биосорбера составляет 6–9 кг ХПК/(м^3·сут).

Использование биосорбционного метода для очистки сточной воды производства нитрила акриловой кислоты позволит снизить нагрузку на биологические очистные сооружения по соединениям ряда нитрилов, нормализовать окислительную способность активного ила биоочистных сооружений и снизить затраты энергии на очистку общего объема сточных вод.

Литература

1. Рымовская, М. В. Технология детоксикации сточной воды производства полимеров // М. В. Рымовская, Н. С. Ручай / Труды БГТУ. Сер. IV, Химия и технология орган. в-в. – 2007. – Вып. XV. – С. 226–230.

2. Рымовская, М. В. Дегидрогеназная активность ила биоочистных сооружений как показатель токсичности сточных вод химических производств / М. В. Рымовская, Н. С. Ручай // Экологические проблемы западного региона Беларуси: сб. науч. статей / Гродн. гос. ун-т им. Я. Купалы; редкол.: проф. Е. П. Кремлев. – Гродно, 2007. – С. 300–302.

3. Химический анализ производственных сточных вод / Ю. Ю. Лурье [и др.]. – М.: Химия, 1974. – 336 с.