

УДК 628.336.515:658.567

Я.В. ОСТРОВКА, аспирант, **В.И. ОСТРОВКА**, старший преподаватель, **А.В. МОРОЗ**, ассистент,

Э.В. РУБАН, канд. биол. наук, доцент, старший преподаватель,

Е.В. ПОПОВ, докт. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой

Институт химических технологий Восточноевропейского национального университета им. Владимира Даля, г. Рубежное

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ МОДЕЛЬНОГО СТОКА НА ПРОИЗРАСТАНИЕ И РАЗВИТИЕ МИКРОФЛОРЫ АКТИВНОГО ИЛА

Изучены условия очистки промышленных сточных вод от смеси азотсодержащих и органических веществ путем исследования лабораторных моделей аэротенков методом биохимического окисления с использованием активного ила. Установлено, что модельный сток не токсичен для микроорганизмов активного ила. Рекомендован оптимальный режим работы биологических очистных сооружений при очистке стоков от уксусной кислоты, метанола, винилацетата, карбамида, формальдегида.

Ключевые слова: экология, биохимическая очистка, микрофлора, активный ил, азотсодержащие неорганические и органические вещества.

В связи с отсутствием обоснованных допустимых концентраций мочевины и азота аммонийных солей в сточных водах, поступающих на очистку, проведены исследования по определению оптимального технологического режима работы сооружений биологической очистки сточных вод с использованием модельного стока, который включал азотсодержащие соединения от производства карбамида, аммиака, ацетальдегида, уксусной кислоты, формалина, метанола и винилацетата.

Для определения степени токсичности модельного стока химического предприятия и выяснения влияния различных концентраций азотсодержащих веществ на жизнедеятельность микроорганизмов проведены исследования по методике [1]. Модельный сток с химическим потреблением кислорода (бихроматной окисляемостью) $XPK_{\text{бихр}} = 1000 \text{ мг O}_2/\text{л}$ разбавляли дехлорированной водопроводной водой до получения значений $XPK_{\text{бихр}}$, равных $500 \text{ мг O}_2/\text{л}$ и $400 \text{ мг O}_2/\text{л}$. В качестве источников азотного питания использовались мочевины и сульфат аммония. В исследованиях брались две про-

бы сточной воды – каждая с $XPK_{\text{бихр}} = 400 \text{ мг O}_2/\text{л}$. В первую пробу добавляли 107 мг/л мочевины и $235,7 \text{ мг/л}$ сульфата аммония (100 мг/л суммарного азота), во вторую – 60 мг/л мочевины и 188 мг/л сульфата аммония (68 мг/л суммарного азота). Аналогичные количества мочевины в сульфате аммония вводили в пробы стока с $XPK_{\text{бихр}} = 500 \text{ мг O}_2/\text{л}$. В каждую из проб в качестве биогенного элемента добавляли фосфорсодержащие соединения в таком количестве, чтобы концентрация фосфора составляла 5 мг/л . Концентрация водородных ионов (рН) проб устанавливалась в пределах $7,2-7,4$. Контрольным образцом служила дехлорированная водопроводная вода с биогенными элементами. Во избежание развития водорослей пробы помещали в слабоосвещенное место. Жидкость находилась в состоянии покоя и перемешивалась лишь при отборе проб для бактериологических и химических анализов. Исследования проводились при комнатной температуре и заключались в наблюдении за ростом бактерий-сапрофитов, при этом осуществлялись микроскопия центрифужно-



го планктона и химический контроль, предусмотренные методикой постановки эксперимента.

Посев бактерий производился в момент постановки опыта, затем – через определенные промежутки времени (2, 4, 6, 8, 10, 12, 24, 30, 48 часов и далее – один раз в сутки). Количество сапрофитных бактерий определялось подсчетом колоний на 3 %-м мясопептонном агаре через 48 часов инкубации при температуре 20 °С. Химический контроль осуществлялся определением реакции среды, ХПК_{бихр}, азота аммонийного, нитритного и нитратного, а также биологического потребления кислорода (БПК_{полн}) и развития бактерий по методикам [2–4].

Результаты опыта представлены на рис. 1 и в табл. 1–6. Из приведенных на рис. 1 и в табл. 1 данных следует, что развитие сапрофитных микроорганизмов в изучаемых пробах существенно отличается от их развития в контрольном образце. Если в контрольном образце рост числа бактерий с последующим наступлением максимума наблюдается с момента первого посе-

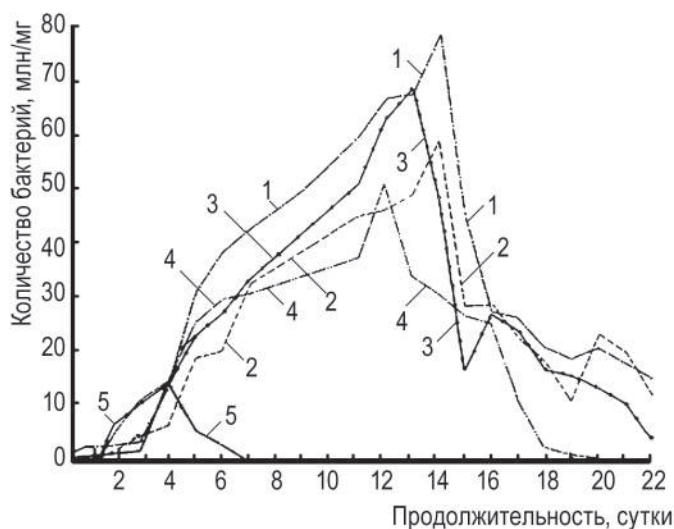


Рисунок 1 – Развитие бактерий-сапрофитов в модельном стоке

1 – разведение 1:1 100 мг/л азота; 2 – разведение 1:1 68 мг/л азота; 3 – разведение 1:1,5 100 мг/л азота; 4 – разведение 1:1,5 68 мг/л азота; 5 – контрольный образец

Таблица 1 – Развитие бактерий-сапрофитов в пробах

Сроки проведения посевов	Посевы бактерий	Разведение стока/количество суммарного азота				Контрольный посев
		1:1/100 мг/л	1:1/68 мг/л	1:1,5/100 мг/л	1:1,5/68 мг/л	
Число бактерий в 1 мл, млн шт.						
1-е сутки	I	0,64	0,22	0,005	0,0025	0,001
	II	2,0	0,227	0,029	0,009	0,002
	III	1,6	0,144	0,03	0,004	0,004
	IV	1,5	0,13	0,011	0,005	0,006
	V	1,4	0,17	0,025	0,002	0,24
	VI	2,4	0,21	0,01	0,003	0,35
2-е сутки	I	2,5	0,3	0,58	0,36	0,74
	II	2,4	1,5	6,47	4,85	1,0
3-и сутки		3,4	4,3	10,6	11,0	1,4
4-е сутки		13,55	6,6	14,3	14,3	14,5
5-е сутки		31,5	19,0	23,2	26,0	5,4
6-е сутки		39,0	20,2	27,5	30,0	3,0
7-е сутки		43,6	33,0	34,0	31,1	0,9
9-е сутки		51,0	–	–	–	0,57
11-е сутки		61,0	46,0	52,0	38,0	0,45
12-е сутки		68,0	47,0	64,0	52,0	0,17
13-е сутки		69,0	50,0	70,0	35,0	–
14-е сутки		80,0	60,0	50,0	32,0	–
15-е сутки		46,0	29,5	17,8	17,7	–
16-е сутки		28,2	30,0	28,0	26,4	–
17-е сутки		27,0	24,0	25,0	12,3	–
18-е сутки		22,0	19,5	18,0	3,8	–
19-е сутки		20,0	12,0	16,8	2,0	–
20-е сутки		22,0	24,6	14,64	1,38	–
21-е сутки		–	21,6	12,0	0,8	–
22-е сутки		16,5	13,2	4,8	0,14	–
23-и сутки		14,0	12,0	3,0	0,24	–
24-е сутки		6,4	5,6	4,0	–	–
28-е сутки		5,3	5,8	2,3	–	–
29-е сутки		5,0	6,0	1,9	–	–

ва, то в опытных пробах интенсивное размножение микробных клеток наступает только после определенного периода адаптации, длительность которого зависит от степени разбавления модельного стока и концентрации азотсодержащих веществ (табл. 2).

Как показывает анализ полученных данных, наибольший по сравнению с контрольным опытом период адаптации (72 часа) наблюдается в пробах с $XPK_{\text{бикр}}=500 \text{ мг } O_2/\text{л}$. Обращает на себя внимание то, что в пробе, содержащей 68 мг/л суммарного азота при том же разведении, логарифмическая фаза сокращается до 30 часов. Время адаптации бактерий-сапрофитов к сточной воде, разбавленной до $XPK_{\text{бикр}}=400 \text{ мг } O_2/\text{л}$, меньше и составляет 24 часа независимо от концентраций суммарного азота (68 и 100 мг/л).

После адаптации микроорганизмов наступает фаза непрерывного роста бактерий-сапрофитов – так называемая логарифмическая фаза. Об интенсивности размножения бактерий в этот период можно судить по времени генерации, т.е. по интервалу между двумя последовательными делениями клетки. Из полученных данных (табл. 2) следует, что в опытных пробах бактерии в начале логарифмической фазы размножаются почти с одинаковой удельной скоростью: время генерации составляет от 12 до 20 мин (в контрольном образце оно не превышает 4 мин).

Сравнивая скорости размножения бактериальных клеток в опытных и контрольных пробах, можно сделать вывод, что сток, разбавленный по $XPK_{\text{бикр}}$ до 500 и 400 мг $O_2/\text{л}$, сначала оказывает некоторое подавляющее действие на микроорганизмы. Максимум роста бактерий наступает почти одновременно во всех пробах – на 8–10 суток позже, чем в контрольном образце, в котором он наблюдался на четвертые сутки, при этом максимальное количество сапрофитных бактерий в опытных пробах было значительно большим, что указывает на использование микробами органических веществ, содержащихся в модельном стоке. После прохождения максимума число живых клеток заметно сократилось, что свидетельствует об уменьшении количества питательных веществ, находящихся в сточной воде. Это подтверждается также резким снижением (примерно на 75 %) величины $XPK_{\text{бикр}}$ во всех пробах (табл. 3).

Таблица 2 – Динамика развития бактерий-сапрофитов

Разведение стока/количество суммарного азота, мг/л	Максимальное число бактерий в 1 мл, млн шт.	Время наступления максимума, час	Время адаптации бактерий, час	Время генерации в начале логарифмической фазы, мин
1:1/100	80	336	72	19,5
1:1/68	60	336	30	11,7
1:1,5/100	70	288	24	17,1
1:1,5/68	52	264	24	15,8
Контрольный образец	14,5	72	0	3,6

Таблица 3 – Изменение величины $XPK_{\text{бикр}}$ в опытных пробах

Периодичность проведения анализа, сут	Разведение стока/количество суммарного азота в пробах, мг/л			
	1:1/100	1:1/68	1:1,5/100	1:1,5/68
Величина $XPK_{\text{бикр}}$, мг $O_2/\text{л}$				
–	500,0	500,0	400,0	400,0
5	406,9	429,5	390,2	387,2
10	125,3	136,8	106,4	111,7
15	122,3	124,6	109,0	124,0
20	119,5	128,0	91,2	106,8
30	116,0	120,0	111,0	92,5

Как установлено микробиологическими анализами, развитие простейших в опытных пробах наступает намного позже, чем в контрольном образце. Если в контрольном образце бесцветные жгутиковые появляются на четвертые сутки с момента начала опыта, а ресничные инфузории – на восьмые, то в пробе с $XPK_{\text{бикр}}$, равном 400 мг $O_2/\text{л}$, бесцветные жгутиковые появляются только на 16-е, а ресничные инфузории – на 18-е сутки.

Процессы нитрификации в опытных пробах (табл. 4) протекают без заметных нарушений (в сравнении с аналогичными процессами в контрольном образце).

В модельном стоке с величиной $XPK_{\text{бикр}}=500 \text{ мг } O_2/\text{л}$ единичные бесцветные жгутиковые появляются на 20-е сутки от начала опыта, а их массовое развитие наблюдается только на 28-е сутки. Ресничные инфузории (табл. 5) не размножаются в пробах до конца опыта (30 сут).

На основании полученных данных можно сделать вывод, что модельный сток в исследованных концентрациях после определенного периода адаптации не токсичен для микроорганизмов активного ила. Однако, учитывая особенности физиологических функций бактерий и простейших, оптимальной для протекания окислительных процессов в статических условиях аэробной очистки следует считать концентрацию модельного стока с $XPK_{\text{бикр}}=400 \text{ мг } O_2/\text{л}$.

Исследования влияния различных концентраций азота (аммонийных солей и мочевины) на окислительную работу биологических сооружений проводились одновременно на шести круглосуточно работающих аэротенках с адаптированным активным илом при тем-



Таблица 4 – Процессы нитрификации опытных проб сточных вод

Периодичность проведения анализа, сут	Разведение стока и количество суммарного азота в пробах														
	Контрольная проба			1:1/100 мг/л			1:1/68 мг/л			1:1,5/100 мг/л			1:1,5/68 мг/л		
	Концентрация соединений азота, мг/л														
	N _{NH₃}	N _{NO₂}	N _{NO₃}	N _{NH₃}	N _{NO₂}	N _{NO₃}	N _{NH₃}	N _{NO₂}	N _{NO₃}	N _{NH₃}	N _{NO₂}	N _{NO₃}	N _{NH₃}	N _{NO₂}	N _{NO₃}
–	16,5	нет	сл.*	51,3	нет	нет	42,0	нет	нет	52,7	нет	нет	39,0	нет	нет
5	13,0	сл.	нет	61,2	«-»	«-»	–	«-»	«-»	55,2	«-»	«-»	23,3	«-»	«-»
10	12,9	«-»	«-»	66,3	«-»	«-»	48,0	«-»	«-»	63,7	«-»	«-»	28,0	«-»	«-»
15	12,1	1,6	сл.	72,9	«-»	«-»	34,0	«-»	«-»	88,3	сл.	«-»	37,5	сл.	«-»
20	5,1	9,1	сл.	85,0	0,11	«-»	34,0	0,12	«-»	81,1	0,12	«-»	50,1	0,11	«-»
30	нет	12,1	сл.	68,0	0,10	«-»	22,0	0,15	«-»	76,7	1,1	«-»	37,2	0,05	«-»

* сл. – следы суммарного азота

Таблица 5 – Динамика развития простейших в пробах сточных вод

Разведение стока/ количество суммарного азота, мг/л	Время появления простейших после начала опыта, сут	
	Бесцветные жгутиковые	Ресничные инфузории
1:1/100	20	нет
1:1/68	20	нет
1:1,5/100	16	18
1:1,5/68	16	16
Контрольный образец	4	8

пературе от 18 до 26 °С. Модельный промышленный сток разбавляли водопроводной водой; в качестве биогенных элементов добавляли натрий фосфорнокислый двухзамещенный, сернокислый аммоний и мочевины в разных концентрациях.

Эффективность биологической очистки промышленного стока оценивали по следующим показателям: расход жидкости, поступающей на очистку, количество подаваемого воздуха, продолжительность аэрации, ХПК_{бикр}, БПК_{полн}, водородный показатель (рН) среды, содержание отдельных компонентов. Для определения степени минерализации сточных вод измеряли также количество неорганического азота – аммонийного, нитратного и нитритного. Состояние активного ила контролировали по видимому составу простейших, сухому весу, массе выноса из вторичных отстойников, иловому индексу и зольности.

Для оценки степени биохимического окисления сточных вод в один из аэротенков подавали модельный сток с добавлением в качестве источника азотного питания только 15 мг/л азота аммонийных солей. Ввиду того что для исследования был использован активный ил, ранее адаптированный к компонентам стока из промышленных биологических сооружений предприятия по производству указанных выше продуктов, значение ХПК_{бикр} очищаемой жидкости было установлено на уровне 400 мг О₂/л с дальнейшим повышением до 500 мг О₂/л; БПК_{полн} составляло 350–380 мг О₂/л с дальнейшим повышением

до 450 мг О₂/л. Высокая степень очистки (98–99 %) наблюдалась при 20-часовой продолжительности аэрации и величине БПК_{полн} очищаемого стока около 400 мг О₂/л. При этом аммонийный азот в очищенной воде отсутствовал, а концентрация нитратов находилась в пределах санитарных норм. Количество ила по сухому весу доходило до 3 г/л, расход воздуха не превышал 35 м³ на 1 м³ стока. Активный ил хорошо оседал и уплотнялся; при микроскопировании он представлял собой скопление простейших, коловраток и зооглейных бактерий: Arcella, Stylonichia, Epistylis, Monostyla, Opereularia, Motommata, Rotiger, Euglypha.

При увеличении значения ХПК_{бикр} стока, поступающего на очистку, до 650 мг О₂/л степень очистки воды существенно падала: она составляла 75 % по ХПК_{бикр} и 85 % – по БПК_{полн}. Такая же картина наблюдалась и при снижении продолжительности аэрации до 18 часов. Кроме того, повышение нагрузки по ХПК_{бикр} сказывалось на состоянии активного ила: появлялись нитчатые бактерии и Zooglea ramigera, в то время как простейшие, обеспечивающие нормальную работу очистных сооружений, исчезали. Полученные данные по оптимальному режиму окислительной работы аэротенков приведены в табл. 6 (№ 1).

Изучение условий биохимического окисления органического стока предприятия в присутствии различных концентраций аммонийного азота и мочевины проводилось при технологическом режиме, аналогичном эксперименту без мочевины. Величина ХПК_{бикр} стока в процессе исследований находилась в пределах 420–570 мг О₂/л, БПК_{полн} составляло 350–460 мг О₂/л. Некоторое увеличение значений ХПК_{бикр} очищаемого стока происходило за счет добавления в модельную смесь мочевины. На базе вышеуказанного стока в процессе очистки было исследовано воздействие суммарного азота в следующих концентрациях: а) 60 мг/л (30 г/л аммонийного азота + 60 мг/л мочевины); б) 100 мг/л (50 мг/л аммонийного азота + 100 мг/л мочевины); в) 150 мг/л (60 мг/л аммонийного азота + 180 мг/л мочевины); г) 200 мг/л (80 мг/л аммо-

Таблица 6 – Характеристика окислительной работы аэротенка

Показатель	Номера экспериментов						
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
БПК, мг O ₂ /л	380–450/4–10	380–450/1,7–10,0	350–460/8–15	400–450/2,8–23	400–450/7,0–24	400–450/4,8–22	400–450/3,8–22
ХПК бихроматное, мг O ₂ /л	400–500/41–80	420–510/45–85	450–520/60–90	450–540/65–95	460–550/65–100	450–550/50–100	470–570/103–170
pH среды	7,8–8,5/7,5–8,0	7,8–8,8/6,7–7,6	8,0–8,8/6,3–8,0	8,7–9,0/6,5–7,7	7,8–9,0/6,0–7,9	7,8–9,0/5,8–7,8	7,8–9,0/6,2–8,0
Азот, мг/л:							
• аммонийный	15/0–сл.	27–34/0–5	45–55/35–40	57–65/45–75	78–85/77,1–10	98–105/85–115	120/90–150
• нитритов	сл./0,03–0,3	сл.–0,4/сл.–1,0	0,1–0,5/сл.–0,3	сл.–0,3/сл.–0,9	сл.–0,5/сл.–0,6	сл.–0,3/сл.–0,9	0,1–0,6/50–65
• нитратов	сл./2–5	0–сл./12–24	сл./14–26	сл./20–28	сл./23–31	сл./24–42	0–сл./5–10
Мочевина, мг/л	60/0–8	60/0–8	100/2–9	130/5–9	240/6–12	300/6–10	360/7–12
Фосфор, мг/л	7/5	7/4	4,7–10,0/2,7–6,0	6–10/2–8	6–10/3–8	6–15/4–10	6–10/4–8
Количество ила по сухому остатку, г/л	2,5–3,2	2,5–3,0	2,7–3,5	3,0–3,2	3,0–3,2	2,8–3,5	2,5–3,0
Иловый индекс	80–90	70–110	65–80	70–110	70–120	48–103	91–110
Вынос ила, мг/л	15–23	15–25	14–25	12–21	15–30	17–30	15–30
Зольность ила, %	10–15	10–12	6–11	7–15	11–14	7–14	8–12
Расход воздуха, м ³ /м ³	30–35	30–35	30–35	30–35	303–5	30–35	30–35
Продолжительность аэрации, час	20	20	20	20	20	20	20
Степень очистки по ХПК, %	84–90	80–84	83–87	82–85	80–85	80–90	70–78
Степень очистки по БПК _{полн.} , %	98–99	98,0–99,5	97–98	94–99	95–98	95–99	95–99
Окислительная мощность по БПК _{полн.} , г/м ³ в сутки	480–500	500	480	500	500	500	500



нийного азота + 240 мг/л мочевины); д) 250 мг/л (100 мг/л аммонийного азота + 300 мг/л мочевины); е) 300 мг/л (120 мг/л аммонийного азота + 360 мг/л мочевины).

Из полученных данных (табл. 6, № 2–7) следует, что степень биохимического окисления органических веществ в стоке, содержащем от 60 до 300 мг/л азота аммонийных солей и мочевины, составляет 94–99 %. Величина БПК_{полн} очищенной воды при концентрации азота 60–100 мг/л несколько ниже, чем при концентрации 150–300 мг/л. Степень очистки модельного стока в присутствии азота в вышеуказанных количествах составляет от 70 до 90 % по ХПК_{бихр}. Самый низкий процент очистки наблюдается при окислении стока, содержащего 300 мг/л суммарного азота, что можно объяснить процессом нитрификации II фазы и накоплением в очищенной воде значительного количества ионов NO₂⁻ (табл. 6, № 7).

Контроль степени очистки сточных вод по общим показателям дополнялся определением винилацетата, кротонового альдегида и мочевины в воде до и после очистки. Полученные данные показывают, что в очищенной воде винилацетат и кротоновый альдегид в большинстве случаев отсутствуют. В процессе исследований установлено, что мочевина при аэрации в течение 20 часов расходуется почти полностью и в очищенной воде находится в пределах санитарных норм. При этом азот мочевины переходит в другие формы азотсодержащих веществ, количество которых в очищенном стоке возрастает по мере увеличения концентрации мочевины в стоке, поступающем на очистку.

При содержании в очищаемом стоке 30 мг/л аммонийного азота и 60 мг/л мочевины (суммарный азот – около 60 мг/л) процессы нитрификации проходили без нарушений. В очищенной воде аммонийный азот обнаруживался в концентрации от следов до 5 мг/л, нитриты – от следов до 1 мг/л, нитраты – от 12 до 24 мг/л.

С увеличением концентрации суммарного азота в стоке, подаваемом на очистку, его содержание в очищенной воде резко увеличивается и доходит до 40 мг/л. При этом количество нитратов практически не изменяется, что указывает на торможение I фазы процесса нитрификации. Поступление на очистку 150–300 мг/л азота мочевины и аммонийных солей приводит к увеличению концентрации аммонийного азота в очищенной воде до 75–150 мг/л.

Замедление I фазы процесса нитрификации наблюдалось при нагрузках (на активный ил) по азоту, равных 150, 200 и 250 мг/л. Заметное торможение II фазы происходило при наличии 300 мг/л азота в очищаемом стоке, причем количество нитритов после очистки увеличилось до 65 мг/л. Повышение нагрузки по мочеvine и аммонийному азоту не сопровождалось строгой пропорциональной зависимостью между концентрациями суммарного

азота в стоке до и после очистки. Это объясняется тем, что при большом количестве азотсодержащих веществ в ходе биологической очистки в какой-то степени могут протекать и процессы денитрификации с образованием молекулярного азота.

Во время очистки модельного стока с концентрациями суммарного азота от 60 до 300 мг/л состояние активного ила было удовлетворительным. Количество ила по сухому остатку и зольность составляли в среднем 3 г/л и 15 мг/л соответственно. Вынос активного ила не превышал 30 мг/л. Величина илового индекса находилась в пределах 70–110. Микрофлора ила была представлена микроорганизмами, характерными для нормального состояния очистных сооружений. При содержании в очищенном стоке повышенных концентраций мочевины (от 180 до 300 мг/л) и аммонийного азота (от 60 до 120 мг/л) наблюдалось резкое снижение pH очищенной воды до значения 5,8. В этих случаях pH стока, поступающего на очистку, приходилось увеличивать до 9,5.

Для определения оптимального технологического режима работы аэротенков с разными нагрузками по суммарному азоту были проведены эксперименты по повышению концентрации органических загрязнений модельного стока с ХПК_{бихр} = 600 мг O₂/л до 650 мг O₂/л и снижению продолжительности аэрации с 20 до 18 часов. Такое увеличение нагрузки сопровождалось ухудшением состояния активного ила и снижением степени очистки сточных вод.

Таким образом, проведенными исследованиями установлено, что мочевина и другие аммонийные соли в испытанных концентрациях существенно не влияют на эффективность очистки сточных вод от органических веществ и не угнетают жизнедеятельность микроорганизмов активного ила. Для удаления соединений азота, превышающих допустимые нормы их сброса в водоемы, завершающий этап обработки насыщенных ими сточных вод следует проводить в секционированных аэробно-анаэробно-аэробных биологических прудах.

ВЫВОДЫ

В статических и динамических условиях на лабораторных моделях аэротенков выполнены исследования по очистке сточных вод от смеси азотсодержащих и органических веществ на моделированном стоке с использованием активного ила из промышленных очистных сооружений. Показано, что при следующих условиях: ХПК_{бихр} – до 550 мг O₂/л, БПК_{полн} – до 420 мг O₂/л, продолжительность аэрации – 20 часов, концентрация активного ила – 3 г/л, количество воздуха – 30–35 м³ на 1 м³ стоков, концентрация азотсодержащих веществ по азоту аммонийному – до

110 мг/л – степень очистки сточных вод составляет 80–90 % по ХПК_{бихр} и 95–99 % – по БПК_{полн}.

Увеличение концентрации азотсодержащих компонентов (по аммиаку) существенно не отражается на степени очистки сточных вод от органических веществ, но приводит к значительному росту в очищенных водах содержания нитритов за счет процессов нитрификации аммонийного азота микрофлорой активного ила. На основании полученных опытных данных рекомендован гистологический режим очистки стоков от смеси азотсодержащих и органических веществ на промышленных очистных сооружениях. Глубокое удаление аммонийного азота нитритов и нитратов из очищенных стоков целесообразно проводить в секционированных аэробно-анаэробно-аэробных биологических прудах с нитрификацией и денитрификацией азота.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при разработке технологий био-

логической очистки сточных вод предприятий азотной промышленности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Калабина, М.М.** Методы определения токсичности промышленных сточных вод и их отдельных компонентов / М.М. Калабина // Гигиена и санитария. – 1945. – № 4–5. – С. 32–36.
2. **Аристовская, Т.В.** Большой практикум по микробиологии / Т.В. Аристовская и др. – М., 1962. – 491 с.
3. **Рубан, Е.Л.** Физиология и биология нитрифицирующих бактерий / Е.Л. Рубан. – М.: Наука, 1961. – 325 с.
4. **Островка, Я.В.** Исследование процесса доочистки сточных вод активированными углями / Я.В. Островка и др. // Экология и промышленность. – 2012. – № 1. – С. 72–78.

Поступила в редакцию 03.04.2013

Вивчено умови очищення промислових стічних вод від суміші азотмісних і органічних речовин шляхом дослідження лабораторних моделей аеротенків методом біохімічного окислення з використанням активного мулу. Встановлено, що модельний сток не токсичний для мікроорганізмів активного мулу. Рекомендовано оптимальний режим роботи біологічних очисних споруд при очищенні стоків від оцтової кислоти, метанолу, вінілацетату, карбаміду, формальдегіду.

In static and dynamic conditions one be investigated conditions of industrial sewage cleaning from mixture of nitrogen-containing and organic substances by method of biochemical oxidation with usage of activated sludge. It was determined that model flow is not toxic for microorganisms of activated sludge. Optimal operation mode of biological cleaning plants for flow cleaning against acetic acid, methanol, vinyl acetate, carbamide, formaldehyde is recommended.