

Евсеева Ксения Сергеевна

аспирант

Исаков Виталий Германович

д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВО «Ижевский государственный

технический университет им. М.Т. Калашникова»

г. Ижевск, Удмуртская Республика

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТАНТЫ (α -ФАКТОРА) ДЛЯ ОЦЕНКИ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

***Аннотация:** в статье рассмотрена проблема низкой эффективности очистки сточных вод на ступени биологической очистки. Ввиду поступления на станцию очистки сточной воды разного качества, необходима своевременная, грамотная реакция персонала и сооружений очистки на качество входящего потока. Автор предлагает решить проблему методом моделирования процессов, происходящих на ступени биологической очистки. Решение этой задачи связано с идентификацией кинетических уравнений, константы которых определяются опытным путем для отдельных очистных сооружений. В статье приведено экспериментальное определение одной из констант, величины α -фактора, для сточной воды очистных сооружений канализации г. Ижевска.*

***Ключевые слова:** сточные воды, биологическая очистка, аэрация, аэротенки, активный ил.*

Повышенные остаточные концентрации аммонийного азота в сбрасываемой в водный объект очищенной сточной воде являются серьёзной экологической проблемой и дополнительными финансовыми затратами для предприятий очистных сооружений канализации.

Причиной повышенных концентраций аммонийного азота в большей мере является неудовлетворительная работа сооружений биологической очистки. Из числа многих факторов правильно сконструированная и грамотно эксплуатируемая

системы аэрации в большей мере влияет на качественную работу аэротенков и вторичных отстойников.

Решением проблемы является исследование работы блока биологической очистки и составление его прогнозируемого поведения на основе данных наблюдения за объектом исследования. Иными словами – математической модели блока биологической очистки.

Правильно построенная математическая модель позволит оценить полную кинетику процесса биологической очистки.

Экспериментально была определена одна из кинетических констант, константа « α -фактор» – технологический параметр коэффициента качества воды. Коэффициент используется при расчёте системы аэрации для оценки суммарной величины «торможения» массопереноса используется технологический параметр коэффициента качества воды – « α -фактор» [1].

Сжатый воздух, подаваемый воздушодувками, расходуется в аэротенках. При этом в поступающей сточной воде и иловой смеси присутствуют примеси, тормозящие транспорт кислорода из газовой фазы в жидкую. К ним относятся растворенные соли, не растворенные минеральные вещества и СПАВ, а также хлопья активного ила.

При отсутствии данных по реальной сточной воде, принимается среднее значение величины « α -фактора» – 0,8.

Задачей эксперимента являлось получение значения « α -фактора» для реальной сточной воды в лабораторных условиях на очистных сооружениях канализации г. Ижевска.

Для эксперимента была смонтирована проточная экспериментальная установка (рис. 1).

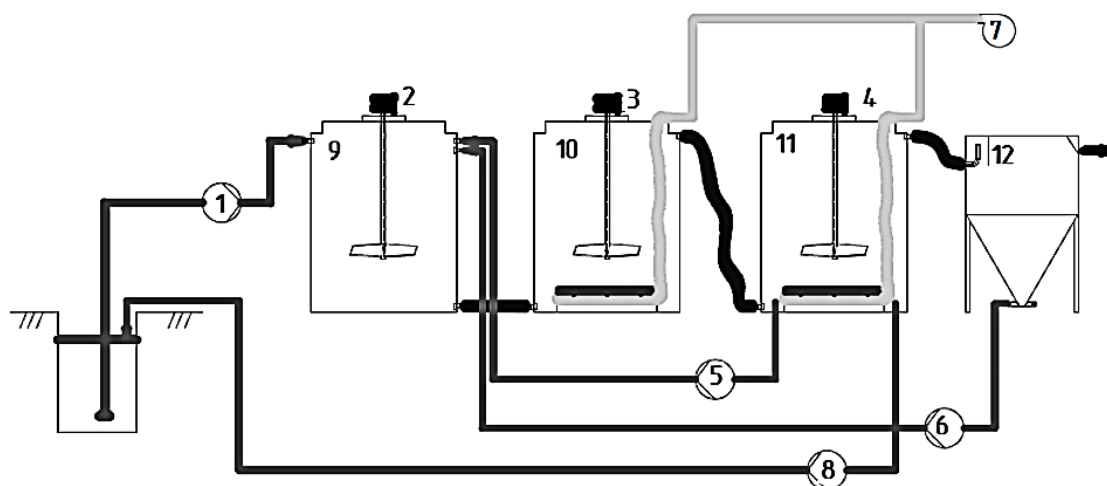


Рис. 1. Экспериментальная установка нитри-денитрификации:

- 1 – винтовой насос подачи сточной воды; 2, 3, 4 – лопастные мешалки;
 5 – винтовой насос циркуляции нитратного потока; 6 – винтовой насос
 циркуляции активного ила из вторичного отстойника; 7 – компрессор;
 8 – винтовой насос отвода избыточного активного ила; 9 – денитрификатор;
 10 – аэротенк первой ступени; 11 – аэротенк второй ступени;
 12 – вторичный отстойник.

Сточная вода на установку подавалась винтовым насосом 1 в постоянном режиме. Сточная вода и возвратный ил смешивались в аноксичном реакторе 9, после чего смесь последовательно проходила аэротенки первой и второй ступеней 10 и 11, и вторичный отстойник 12. Объемы денитрификатора и аэротенков – по 2,0 м³. Суммарный объем реакторов – 6,0 м³. Габариты вторичного отстойника в плане 1,1 x 1,1 м (глубина зоны отстаивания – 0,9 м). Иловая смесь в денитрификаторе перемешивалась медленно вращающейся мешалкой 2. Сжатый воздух в аэротенки подавался компрессором 7, система аэрации была выполнена в виде тарельчатых аэраторов с резиновой мембраной. Циркуляция уплотненного ила из вторичного отстойника осуществлялась винтовым насосом 6. Циркуляция нитратного потока из второго аэротенка в денитрификатор также осуществлялась отдельным винтовым насосом 5. Отвод избыточного ила осуществлялся периодически отдельным винтовым насосом 8 из аэротенка второй ступени 11.

Определение α -фактора проводилось посредством сравнения интенсивности транспорта кислорода в реальной иловой смеси и питьевой воде. В идентичных условиях последовательно аэрировались чистая вода и иловая смесь из экспериментальной установки. Последовательно определялись величины коэффициента переноса разных жидкостей k_{la} для двух разных типов жидкостей.

Для определения коэффициента переноса k_{la} для питьевой воды из опытного реактора объемом 5 л изначально был удалён кислород добавлением сульфита натрия Na_2SO_3 в присутствии хлорида кобальта. После чего в реактор подавалось фиксированное количество сжатого воздуха. После незначительной задержки (в результате расходования окислителя на нейтрализацию остаточных концентраций сульфита) величина концентрации растворенного кислорода (далее КРК) в реакторе начинала постепенно повышаться. По мере насыщения реактора кислородом, скорость транспорта газа начала падать, т.к. движущей силой процесса являлся дефицит концентраций – разность между актуальным и равновесным значением КРК при данной температуре. Однако коэффициент массопередачи (k_{la}) при этом оставался постоянным и подлежал многократному определению:

$$\frac{dDO}{dt} = K_{la} \times (C_s - C_l) - OUR_v, \quad (1)$$

где k_{la} – коэффициент массопередачи, мин^{-1} ;

C_s – постоянное для конкретной температуры и давления значение растворённого кислорода, $\text{мгO}_2/\text{л}$;

C_l – концентрация растворённого кислорода в конкретный момент времени, $\text{мгO}_2/\text{л}$;

OUR_v – скорость потребления кислорода, $\text{мгO}_2/\text{л} \cdot \text{мин}$.

При этом в виду наличия стационарных условий $\frac{dDO}{dt} = 0$. Таким образом:

$$k_{la} = \frac{OUR_v}{C_s - C_l} \quad (2)$$

Для определения коэффициента переноса k_{la} для иловой смеси при тех же физических условиях: том же фиксированном количестве сжатого воздуха, определялся уровень эндогенного дыхания биомассы – КРК, которая изменялась от

минимального до равновесного значения., после чего КРК в емкости понижается до нуля. Далее в емкость подается строго такой же, как и в опытах с питьевой водой, расход сжатого воздуха. Через несколько секунд КРК начинает увеличиваться, что также фиксируется оксиметром. Интенсивность увеличения КРК в иловой смеси при наличии дыхания биомассы определяет новое значение k_{la} .

Таблица 1

Результаты эксперимента

№ п/п	$t, \text{сек}$	$t, \text{мин}$	$C_l, \text{мгO}_2/\text{л}$	$C_s, \text{мгO}_2/\text{л}$	$(C_s - C_0), \text{мгO}_2/\text{л}$	$(C_s - C_l), \text{мгO}_2/\text{л}$	$\ln((C_s - C_0)/(C_s - C_l))$	$K_{la}, \text{мин}^{-1}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0,00	0,7	9,2				
2	6	0,10	0,8					
3	10	0,17	0,9					
4	13	0,22	1,0	9,2				
5	17	0,28	1,1					
6	20	0,33	1,2	9,2				
7	24	0,40	1,3	9,2				
8	29	0,48	1,4					
9	30	0,50	1,5					
10	35	0,58	1,6	9,2				
11	39	0,65	1,7					
12	42	0,70	1,8					
13	45	0,75	1,9	9,2				
14	49	0,82	2,0		8,2	7,2	0,1301	0,22
15	52	0,87	2,1					
16	55	0,92	2,2	9,2				
17	58	0,97	2,3					
18	60	1,00	2,4					
19	65	1,08	2,5	9,2				
20	68	1,13	2,6					
21	73	1,22	2,7					
22	75	1,25	2,8	9,2				
23	80	1,33	2,9					
24	83	1,38	3,0		7,2	6,2	0,1495	0,26
25	85	1,42	3,1	9,2				
26	90	1,50	3,2					
27	94	1,57	3,3					
28	97	1,62	3,4	9,2				
29	101	1,68	3,5					
30	105	1,75	3,6					

31	108	1,80	3,7	9,2				
32	112	1,87	3,8					
33	117	1,95	3,9					
34	122	2,03	4		6,2	5,2	0,1759	0,27
35	127	2,12	4,1					
36	130	2,17	4,2					
37	134	2,23	4,3	9,2				
38	138	2,30	4,4					
39	146	2,43	4,5					
40	150	2,50	4,6	9,2				
41	155	2,58	4,7	9,2				
42	159	2,65	4,8					
43	165	2,75	4,9	9,2				
44	170	2,83	5,0		5,2	4,2	0,2136	0,27
45	175	2,92	5,1					
46	180	3,00	5,2	9,2				
47	184	3,07	5,3					
48	190	3,17	5,4					
49	197	3,28	5,5	9,2				
50	202	3,37	5,6					
51	207	3,45	5,7					
52	214	3,57	5,8	9,2				
53	222	3,70	5,9					
54	229	3,82	6,0		4,2	3,2	0,2719	0,28
55	235	3,92	6,1	9,2				
56	240	4,00	6,2					
57	248	4,13	6,3					
58	255	4,25	6,4	9,2				
59	261	4,35	6,5					
60	268	4,47	6,6					
61	280	4,67	6,7	9,2				
62	286	4,77	6,8					
63	298	4,97	6,9					
64	308	5,13	7,0		3,2	2,2	0,3747	0,28

Из полученных данных коэффициент массопередачи для питьевой воды:

$$k_{la,TW}=0,26$$

Полученные данные для иловой смеси:

$$OUR=0,4 \text{ мгО}_2/\text{л}\cdot\text{мин}$$

$$C_s=9,2 \text{ мгО}_2/\text{л}\cdot\text{мин}$$

$$C_1 = 7,6 \text{ мгО}_2/\text{л} \cdot \text{мин}$$

$$k_{la,MLSS} = \frac{0,4}{9,2 - 7,6} = 0,25 \text{ мин}^{-1}$$

Отношение двух найденных коэффициентов (транспорта кислорода в иловой смеси ($k_{La,MLSS}$) к аналогичному показателю в питьевой воде ($k_{La,TW}$)) определило искомую величину « α -фактора»:

$$\alpha = \frac{k_{la,MLSS}}{k_{la,TW}} = \frac{0,25}{0,26} = 0,96 \quad (3)$$

Значение « α -фактора», полученное для реальной сточной воды с физической точки зрения представляет собой отношение интенсивности транспорта кислорода из воздуха в жидкость в сточной воде по сравнению с «питьевой водой».

С экономической точки зрения полученная величина « α -фактора» оказывает прямое влияние на выбор технологии при реконструкции как всего объекта, так и конкретно аэрационной системы и последствиях принятых решений (При снижении коэффициента качества к примеру с 0,9 до 0,6, расходы электроэнергии на аэрирование стоков увеличиваются почти в 1,5 раза) [1].

Список литературы

1. Haandel A.C. Handbook of biological wastewater treatment. Design and Optimisation of Activated Sludge Systems / A.C. Haandel, J.G.M. Lubbe, 2012. – 767 p.
2. Frank R. Spellman Handbook of water and wastewater treatment plant operation. – 2003. – 653 p.
3. Алексеев М.И. Удаление азота и фосфора из сточных вод Санкт-Петербурга / М.И. Алексеев, Б.Г. Мишуков, С.В. Гумен, Б.В. Васильев // Водоснабжение и санитарная техника. – 1998. – №10.
4. Хенце М. Очистка сточных вод / М. Хенце, П. Армоэс, Й. Ля-Кур-Янсен, Э. Арвэн. – М.: Мир, 2004. – 480 с.