



УДК 579.222

О.В. Жукова – аспирант

Н.В. Морозов – доктор биологических наук, профессор

Татарский государственный гуманитарно-педагогический университет (ТГГПУ)

Р.Х. Хузаянов – начальник очистных сооружений

В.Н. Кудряшов – заместитель генерального директора

ОАО «Казаньоргсинтез»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА БИООЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОКОВ, ОСНОВАННАЯ НА ПРИМЕНЕНИИ ОТСЕЛЕКТИРОВАННЫХ УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ

АННОТАЦИЯ

Целью данной работы является оптимизация условий биодеградации нефтепродуктов с применением аборигенных форм углеводородокисляющих микроорганизмов, путем увеличения контакта их с очищающей нефтесодержащей сточной водой, распыленной на значительной поверхности, и создание благоприятной среды, обеспечивающей управляемое обезвреживание стоков до норм СНИП и выше. Объектом исследования служили нефтесодержащие сточные воды ОАО «Казаньоргсинтез», в состав которых входили нефтепродукты, фенол, СПАВ, моно – ди, триэтиленгликоли и другие органические загрязняющие примеси. Физические и химические показатели смешанных производственных сточных вод, поступающих в общую канализационную объединения, колеблются: температура – 22-24 °С, pH – 7,2-9,2, ХПК – 604,8-1858 мг/л, кислород в концентрации (O_2) от 1,5 до 6 мг/л, сумма неорганических форм азота (NH_4 , NO_2 , NO_3) – 10-35 мг/л, фосфор (P_2O_5) – 0,3-2,2 мг/л, нефтепродукты превышают 183 мг/л, фенол – до 20мг/л, гликоли – до 250 мг/л, СПАВ – до 20мг/л.

Максимальная эффективность деструкции нефтепродуктов в струйно-отстойном аппарате достигается при времени биоокисления 1,2 часа, соотношении биогенных элементов 100:5, концентрации индуцирующих соединений $35 \cdot 10^{-6}$ М.

Дополнительное внесение в очищаемую сточную жидкость индуцирующих соединений повышает интенсивность биологического окисления нефтепродуктов до 75 % по сравнению с контролем, где эффективность окисления остаётся на стабильно низком уровне 40 %.

Применение метода доочистки путем отстоя во вторичном отстойнике, длительностью в пределах 1,5-2 часа повышает эффективность биодеградации нефтепродуктов до 82 %.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Биологическая очистка (биоочистка), углеводородокисляющие (нефтеокисляющие) микроорганизмы, аэротенк, струйно-отстойный аппарат, технологическая схема, сток, отселектированный, биогенные элементы, индуцирующие соединения, индуцибельные вещества, химическое потребление кислорода (ХПК).

O.V. Zhukova – post-graduate student

N.V. Morozov – doctor of biological sciences, professor

Tatar State Humanitarian Pedagogical University (TSHPU)

R.Kh. Khuzayanov – the chief of cleaning construction department factory

V.N. Kudryashov – assistant general director

OSC «Kazanorgsynthesis»

TECHNOLOGICAL SCHEME OF BIO-CLEANING OF OIL CONTAINING MANUFACTURE STOCKS, BASED ON USING OF SELECTED SOUR CARBO-HYDROGEN MICROORGANISMS

ABSTRACT

The purpose of this work is optimization of conditions of petroleum bio-decomposition by application of aboriginal hydrocarbon-oxidizing microorganisms, and analysis of impact of nutrients and biocatalyst compounds on the efficiency of bio-oxidation. The research object is oil-contained sewage water of OSC «Kazanorgsynthesis», which is contaminated by petroleum products, phenol, surfactants, and other organic pollutants. Physical and chemical characteristics of mixed plant sewage: temperature 22-24 °C, pH 7,2-9,2, chemical oxygen demand (COD) from 604,8 to 858 mg/dm³, O_2 concentrations at 1,5-6 mg/dm³, sum of non-organic nitrogen (NH_4 , NO_2 and NO_3) 10-35 mg/dm³, phosphorus (P_2O_5) –



0,3-2,2 mg/dm³, petroleum products level more than 183 mg/dm³, phenol concentration – up to 20 mg/dm³, glycols - up to 250 mg/dm³, surfactants - up to 20 mg/dm³. The efficiency maximum of petroleum products degradation is achieved at 1,2 hours of bio-oxidation; the concentration ratio of biogenic compounds is 100:5, the concentration of inductive compounds is at $35 \cdot 10^{-6}$ M. The additional inclusion of inductive compounds into cleaning sewage results in increased intensity of biological oxidation of oil products - up to 75 % compare to control, where the oxidation efficiency is at low level in 40 %. After-treatment of waste based on precipitation in the secondary tank for 1,5-2 hours increases the efficiency of oil-products biodegradation up to 82 %.

KEYWORDS: Biological cleaning (bio-cleaning), sour oil microorganisms (sour carbo-hydrogen microorganisms), aerotank, inkjet storage apparatus, technological scheme, stock, selected, biogenic elements, inductive compounds, inducible substances, oxygen chemical consumption.

Разработка методов очистки природных вод и производственных стоков от нефти и нефтепродуктов представляет собой активно развивающееся направление экологии и биотехнологии, но проблема повышения эффективности очистки сточных вод от углеводородов нефти по-прежнему очень актуальна.

Одним из перспективных направлений очистки сточных вод является управляемая интенсификация биодegradации нефти и ее производных путем целенаправленного применения биогенных элементов и индуцирующих соединений (ИС). При оптимальном выборе их вида и концентрации удается ускорить бактериальное разложение нефти и продуктов её переработки до углекислого газа и воды [1].

Целью настоящей работы является оптимизация условий биологической degradation нефтепродуктов в высококонцентрированном производственном стоке (первая ступень подготовки сточных вод перед подачей на основные биологические очистные сооружения – аэротенки) аборигенными углеводородокисляющими микроорганизмами по схеме очистки, включающей: отстой, нейтрализацию, осветление в горизонтальном отстойнике длительностью 1,5-2 часа, очистка загрязнений на специальной опытной установке, представляющей собой струйно-отстойный аппарат (СОА), и последующее двухчасовое осветление во вторичном отстойнике.

Объектом исследования служили нефтесодержащие сточные воды ОАО «Казаньоргсинтез», в состав которых входили нефтепродукты, фенол, СПАВ, моно – ди, триэтиленгликоли и другие органические загрязняющие примеси. Физические и санитарно-химические показатели смешанных производственных сточных вод, поступающих в общую канализационную объединения, колеблются: температура – 22-24°C, pH – 7,2-9,2, ХПК – 04,8 -1858 мг/л, O₂ от 1,5 мг/л до 6 мг/л, сумма неорганических форм азота (NH₄, NO₂, NO₃) – 10-35 мг/л, фосфор (P₂O₅) – 0,3-2,2 мг/л, нефтепродукты превышают 183 мг/л, фенол – до 20, гликоли – до 250, мг/л, СПАВ – до 20 мг/л.

Биодegradацию нефтепродуктов в сточной жидкости проводили в специально созданном для этой цели струйно-отстойном аппарате (СОА) с применением вновь созданного консорциума аборигенных штаммов нефте- и углеводородокисляющих

микроорганизмов (авторы: Морозов Н.В., Жукова О.В., Кудряшов В.А., Хузаянов Р.Х.) с общей численностью на входе от 107 до 162 млн кл/мл. По принятой технологической схеме искомая биомасса популяции получена в условиях хемостатного культивирования на АНКУМ-2М.

Варианты полупроизводственных испытаний включали:

1. Смешанная сточная вода (СВ) без внесения биомассы микроорганизмов, биогенных элементов и индуцирующих соединений (ИС) (контроль).

2. Смешанная сточная вода с внесением биомассы микроорганизмов и биогенных элементов – азота и фосфора неорганического (N, P) из расчета:

БПК_{полн} :N:P 100:N 2,5: P 0,5

БПК_{полн} :N:P 100:N 5: P 1,0

БПК_{полн} :N:P 100:N 10: P 2,0

БПК_{полн} :N:P 100:N 20: P 4,0

3. Смешанная сточная вода с внесением биомассы микроорганизмов (консорциума), биогенных элементов и индуцирующих соединений (ИС) в соотношениях:

БПК_{полн} 100:N 5: P 1: ИС $35 \cdot 10^{-6}$ M;

БПК_{полн} 100:N 5: P 1: ИС $70 \cdot 10^{-6}$ M;

БПК_{полн} 100:N 5: P 1: ИС $150 \cdot 10^{-6}$ M.

Время очистки нефтесодержащих стоков принято равным – 0,8; 1; 1,2; 1,4; 2; 3 и 4 часам. Длительность культивирования в режиме хемостатного

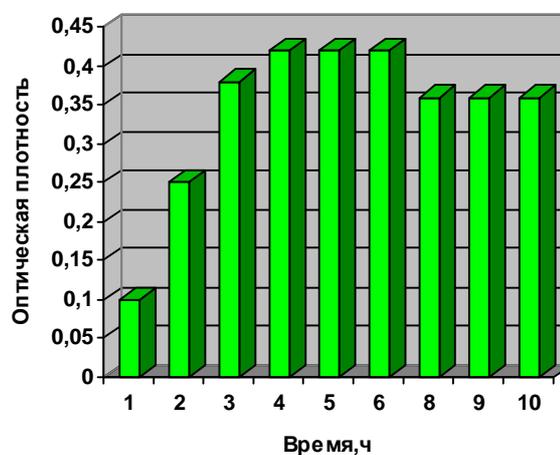


Рис. 1. Динамика роста численности УОМ в ферментере



Таблица 1

Параметры и условия выращивания аборигенных форм углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ) на АНКУМ-2М

№ культуры	Условия			t, °С	рН	Плотность max.	Количество, кл/мл	O ₂ мг/л	
	Соляровое масло	Биогенные элементы БПК _{полн.} :N:P	Индукционные соединения					Начало опыта	Конец опыта
1	20мг/л	-	-	28	7,2	0,08	61 · 10 ⁶	10,2	7,0
2	20мг/л	100:05:01	-	28	7,8	0,11	76 · 10 ⁶	8,7	4,3
3	20мг/л	-	35 · 10 ⁻⁶ М	28	7,3	0,23	153 · 10 ⁶	8,9	5,6
4	20мг/л	100:0.1:0.1	35 · 10 ⁻⁶ М	28	7,4	0,14	76 · 10 ⁶	9,8	3,5
5	10мг/л	100:2.5:0.5	17,5 · 10 ⁻⁶ М	28	7,5	0,13	99,7 · 10 ⁶	10,7	4,4
6	20мг/л	100:05:01	35 · 10 ⁻⁶ М	28	7,4	0,34	260 · 10 ⁶	10,9	3,1
7	20мг/л	100:05:01	70 · 10 ⁻⁶ М	28	7,3	0,45	345 · 10 ⁶	8,3	7,0
8	20мг/л	100:05:01	150 · 10 ⁻⁶ М	28	7,5	0,12	92 · 10 ⁶	9,5	8,1
9	20мг/л	100:10:0.2	35 · 10 ⁻⁶ М	28	7,7	0,14	107 · 10 ⁶	8,8	7,3

Примечание: 1) БПК полн. – биохимическое потребление кислорода за 20 суток; 2) N – азот неорганический; 3) P – фосфор неорганический.

выращивания равнялась 4 часам и она держалась на оптимальном уровне в течение двух часов (рис. 1).

При плотности суспензии углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ) численность их составила от 76 · 10⁶ кл/мл до 345 · 10⁶ кл/мл. Заражение сточной жидкости (УОМ) в каждом варианте производственных испытаний осуществлено 4-5-часовой смешанной культурой с численностью клеток в пределах 162 · 10⁶ кл/мл.

Основные параметры и условия выращивания популяции нефтеокисляющих бактерий, использованных для очистки сточной жидкости, представлены в табл. 1.

Режим очистки смешанной заводской сточной жидкости по принятой технологической схеме осуществляли, соблюдая следующие условия: сточную воду пропускали через нефтеловушку, освобождали от грубых взвесей, пленки нефтепродуктов и далее отстаивали в течение 2-х часов в горизонтальном отстойнике, затем осветленную сточную жидкость насосом подавали в струйный элемент струйно-отстойного аппарата (рис. 2). Одновременно туда же из дозирующего устройства (рис. 3) направляли реагенты, содержащие сульфат аммония, суперфосфат и индукционные соединения в различных соотношениях (см. варианты испытаний) и расчетное количество суспензии нефте- и углеводородокисляющих микроорганизмов (НиУОМ).

Подаваемая в струйный элемент сточная вода с добавленными веществами, распространяясь вдоль оси струйного элемента, образовывала в нем прямой и обратный потоки и вследствие разряжения, создаваемого струей через отверстия в боковой поверхности верхней части цилиндра, поступала внутрь

струйного элемента. Из-за значительных градиентов скорости и сдвиговых напряжений осуществляется разрыв бронирующих оболочек на каплях эмульгированной нефти и углеводородов, оставшихся в сточной воде после отстоя, осветление и дробление капель. Остальной объём СОА в зоне струйного элемента и внешнего рецикла образует зону, обеспечивающую развитую поверхность контакта между компонентами жидкости и микроорганизмами, с одной стороны, и углеводородами – с другой. После выхода из струйного элемента распыленная жидкость постепенно осаждается и скапливается в нижней части аппарата, где происходит ее отстой и осветление. В силу возникающих условий в СОА создается эффективная биодеградирующая система, обеспечивающая ускорение биоокисления растворенных и взвешенных нефтепродуктов [2]. Скорость потока в пилотной установке принимали от 0,015 до 0,03 м/сек. и время пребывания от 1 до 1,5 часов. В случае превышения нагрузки по ХПК 1000 мг/л и более время пребывания сточной воды увеличивали от 1,3 до 2 часов при сохранении давления подаваемого стока до 2,0 атм. Скорость движения стока при этом составляла в пределах 0,031-0,045 м/сек.

Нами выявлено, что оптимальное время пребывания сточной воды в СОА приближается к 1,2 ч., что соответствует скорости подачи сточной воды в струйно-отстойный аппарат 8 л/мин. При этом эффективность окисления нефтепродуктов составляла 63%, а в контроле не превышала 40% (табл. 2).

Установлено, что степень и эффективность биоокисления нефтепродуктов зависят от концентрации загрязняющих воду углеводородов и

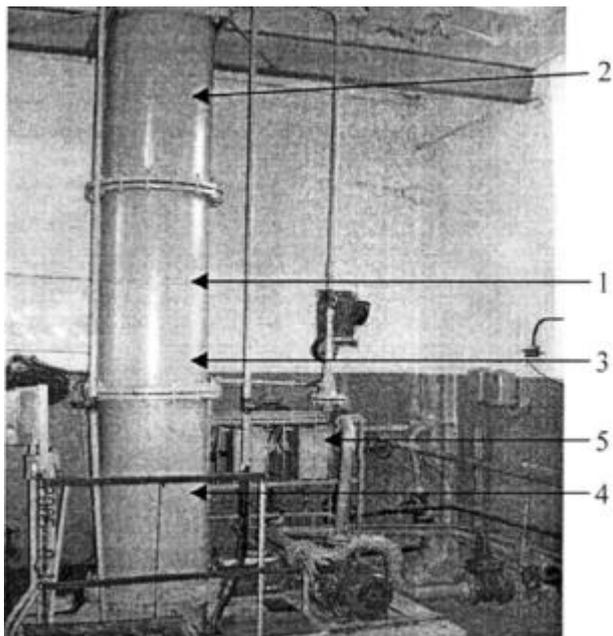


Рис. 2. Струйно-отстойный аппарат (COA): 1 – установка; 2 – струйный элемент (зона смешения); 3 – зона оседания частиц потока; 4 – зона отстоя; 5 – биодозаторы

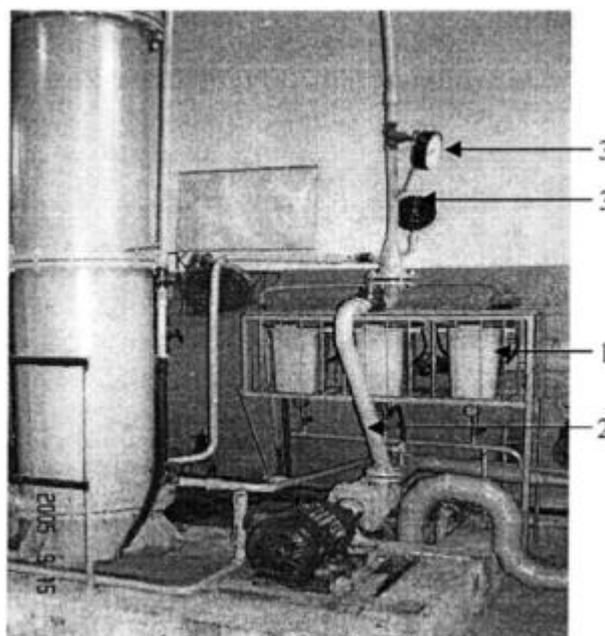


Рис. 3. Элементы COA: 1 – дозатор; 2 – арматура для подачи и отвода сточных вод; 3 – манометры стабильной работы системы

Таблица 2

Очистка нефте- и углеводородсодержащих сточных вод в зависимости от времени пребывания стока в COA

Условия опыта	Контроль, время окисления 1,4 ч		% окисления	Время окисления 1,4 ч		% окисления	Контроль, время окисления 1,2 ч		% окисления	Время окисления 1,2 ч		% окисления
	вход	выход		вход	выход		вход	выход		вход	выход	
Микроорганизмы, 10 ⁶ кл/мл	107,0	130,0		146,0	199,0		110,2	138,2		135,0	150,0	
ХПК, мг/л	757,2	643,6	15,0	757,2	605,8	20,0	1036,5	641,0	38,0	789,0	160,0	28,0
Нефтепродукты, мг/л	0,153	0,125	18,0	0,734	0,47	36,0	2,226	1,34	40,0	1,0	601,9	34,0
NO ₂ , мг/л	0,304	0,456	-	0,364	0,182	50,0	1,17	1,0	15,0	0,6	1,23	28,0
NO ₃ , мг/л	0,11	0,1	9,0	0,05	0,045	10,0	0,075	0,05	33,0	0,09	0,421	25,0
NH ₄ , мг/л	26,38	23,28	12,0	31,8	27,7	13,0	29,5	20,4	31,0	31,0	30,52	24,0
P ₂ O ₅ , мг/л	1,13	0,85	25,0	1,37	0,93	32,0	1,9	1,4	26,3	0,23	0,18	22,0
Условия	Контроль, время окисления 1 ч		% окисления	Время окисления 1 ч		% окисления	Контроль, время окисления 40 мин.		% окисления	Время окисления 40 мин.		% окисления
Анализ	вход	выход		вход	выход		вход	выход		вход	выход	
Микроорганизмы, 10 ⁶ кл/мл	115,0	132,2		150,2	190,1		100,2	115,1		144,3	169,2	
ХПК, мг/л	946,5	830,1	12,0	984	786,0	20,0	518,3	442,0	15,0	851,2	666,3	22,0
Нефтепродукты, мг/л	1,35	1,15	15,0	1,033	0,709	31,4	1,52	1,32	13,0	1,03	1,25	29,0
NO ₂ , мг/л	0,24	0,21	12,5	0,182	0,182	0	0,1824	0,14	25,0	0,58	0,456	21,0
NO ₃ , мг/л	1,5	1,30	13,0	2,10	2,0	4,8	0,07	0,05	36,0	0,09	0,97	23
NH ₄ , мг/л	36,5	32,5	10,7	52,0	41,5	20,0	33,4	28,6	14,0	38,0	31,1	24
P ₂ O ₅ , мг/л	1,75	1,25	29,0	3,75	2,56	32,0	0,28	0,19	32,1	0,31	0,25	20



**Биоокисление нефтесодержащих сточных вод
в зависимости от соотношений биогенных элементов**

(БПК полн.:N:P 100:2,5:0,5)												
Условия	контроль		% окис- ления	культура и биогены		% окис- ления	контроль		% окис- ления	культура и биогены		% окис- ления
	Вход	выход		вход	выход		вход	выход		вход	выход	
	Анализы											
Микроор- ганизмы, 10 ⁶ кл/мл	120,0	140,0		148,0	256,0		126,0	148,0		162,1	325,1	
ХПК, мг/л	780,36	582,96	25,0	1198,4	771,2	36,0	716,0	547,4	24,0	929,2	400,76	57,0
Нефте- продукты,м г/л	1,85	1,24	33,0	2,321	1,343	42,0	3,226	2,021	37,0	3,429	1,041	70,0
NO ₂ , мг/л	0,17	0,1	41,0	0,31	0,17	46,9	0,41	0,1	75,6	0,26	0,08	70,0
NO ₃ , мг/л	1,5	1,2	20,0	1,4	1,3	7,0	4,55	4,15	8,7	4,5	4,3	5,4
NH ₄ , мг/л	29,5	25,4	14,0	37,2	24,9	33,0	16,2	15,4	13,1	24,6	16,8	56,0
P ₂ O ₅ , мг/л	0,42	0,33	21,0	2,78	1,42	49,0	0,23	0,15	3,2	4,3	1,4	67,4
(БПК полн.:N:P 100:10:2)												
(БПК полн.:N:P 100:20:4)												
Условия	контроль		% окис- ления	культура и биогены		% окис- ления	контроль		% окис- ления	культура и биогены		% окис- ления
	Вход	выход		вход	выход		вход	выход		вход	выход	
	Анализы											
Микроор- ганизмы, 10 ⁶ кл/мл	126,0	152,0		160,3	232,0		115	147,2		142,0	199,0	
ХПК, мг/л	1023,0	821,8	20,3	1048,0	780,3	26,2	680,4	500,3	26,5	780,7	623,5	20,6
Нефте- продукты,м г/л	1,894	1,29	32,4	2,123	1,29	39,0	2,89	1,94	33,0	2,35	1,64	3,0
NO ₂ , мг/л	0,23	0,21	9,1	0,24	0,23	4,0	0,6	0,5	16,6	0,41	0,41	0
NO ₃ , мг/л	1,53	1,25	18,0	2,3	2,2	13,3	2,5	2,4	4,0	2,6	2,6	0
NH ₄ , мг/л	59,0	43,5	26,0	75,6	53,4	29,2	10,5	9,3	14,0	63,0	57,5	9,0
P ₂ O ₅ , мг/л	0,25	0,17	32,0	14,0	7,4	47,1	0,15	0,11	27,0	15,3	14,5	5,0

времени их глубокой биодegradации в СОА. Это связано с доступностью нефтепродуктов для микробной атаки и, в конечном итоге, с возможностью использования их микроорганизмами в качестве единственного источника углерода и энергии.

При варьировании добавок биогенных элементов (рис. 4) было выявлено, что оптимальное соотношение БПК_{полн.}:N:P для окисления углеводов микроорганизмами в СОА составляет 100:5:1, что подтверждает полученные нами ранее данные при окислении солярового масла микроорганизмами в «АНКУМ-2М» (табл. 3). Как видно из таблицы 3 и рис. 4, при соотношении к азоту и фосфору 5:1 достигается оптимальное нарастание популяции нефтеокисляющих микроорганизмов в очищаемой сточной жидкости (за время контакта в 1,2 часа число бактерий удваивается и достигает 325 · 10⁶ против 162 · 10⁶ кл/мл) и происходит интенсивная биодegradация нефтепродуктов. Наибольший рост наблюдается в вариантах, где биогенные элементы (N, P, K) взяты в количестве, соответствующем содержанию азота 10-20 мг/л, фосфора 5-9 мг/л, калия 5-10 мг/л. Степень трансформации углеводов при этом достигает до 70%, а суммы загрязняющих веществ (по ХПК) до 57 %.

В контроле без добавления культуры микроорганизмов показатели очистки стоков значительно ниже: ХПК снизилось на 24, а количество углеводов на 37 %.

Анализ содержания азота, нитратов, фосфора в конце эксперимента по этим вариантам показал, что ни в одном из опытов не происходит накопления вышеуказанных элементов.

Изменение дозы неорганического фосфора, азота и калия в среде для роста нефтеокисляющих микроорганизмов как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения не дает видимого эффекта нарастания биомассы культуры. При увеличении дозировки биогенных элементов выше оптимального уровня наблюдалось угнетение роста популяции микроорганизмов до 199 млн. кл/мл и соответственно снижение эффективности биоокисления на 40%.

Вместе с тем, в производственных опытах установлено, что корректировка биогенных элементов (N, P) в сточной жидкости, подаваемой в СОА, позволяет повысить нагрузку по ХПК до 1000 мг/л. Последний факт является очень положительным в процессе подготовки первичных углеводородсодержащих сточных вод до норм отвода для дальнейшей глубокой очистки или доочистки.

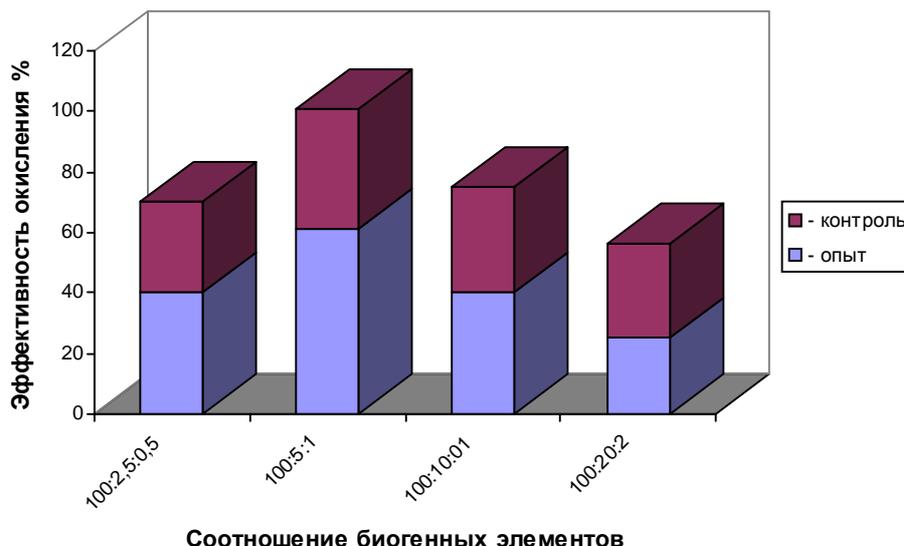


Рис. 4. Эффективность биоокисления нефтепродуктов при различных соотношениях биогенных элементов

С целью достижения более высокой эффективности очистки углеводородсодержащих стоков в последующих сериях испытаний в очищаемую воду, наряду с биогенными веществами, добавляли индуцирующие соединения, включающие аминокислоты, углеводы и органические кислоты с суммарной концентрацией $35 \cdot 10^{-6}$ М, $70 \cdot 10^{-6}$ М и $150 \cdot 10^{-6}$ М. Режим очистки сточной жидкости в этих испытаниях соответствовал прежнему, как с добавлением биогенов в соотношении БПКпол. 100:5:1 и численностью углеводородокисляющих микроорганизмов в среднем 144 млн. кл/мл.

Опытами выявлено, что внесение индуцирующих (биокатализирующих) веществ увеличивает количество углеводородокисляющих бактерий до 376 млн. кл/мл (в 2,6 раза за время контакта в 1,2 часа), что повышает эффективность биоокисления углеводородов нефти в технологической схеме до 75% (табл. 4). Это достигается

в дозе индуцирующих веществ в концентрации $35 \cdot 10^{-6}$ М. Увеличение дозы последних до $70 \cdot 10^{-6}$ М и $150 \cdot 10^{-6}$ М сопровождалось некоторым ингибированием развития микроорганизмов и, как следствие, значительно меньшим сокращением загрязняющих веществ.

В контроле в те же сроки процент очистки стоков остается на стабильно низком уровне и не превышает 40%.

С целью достижения более высокой степени освобождения стоков от нефтепродуктов далее подвергали ее отстою в течение 2-х часов. В процессе отстаивания происходит дальнейшая биодеградация остаточных нефтепродуктов микроорганизмами и отделение биомассы от очищенных, содержащих остаточное количество углеводов, сточных вод, что повышает эффективность деструкции углеводов предварительно очищенных вод до 82%. Максимальное время отстоя для достижения высокого эффекта

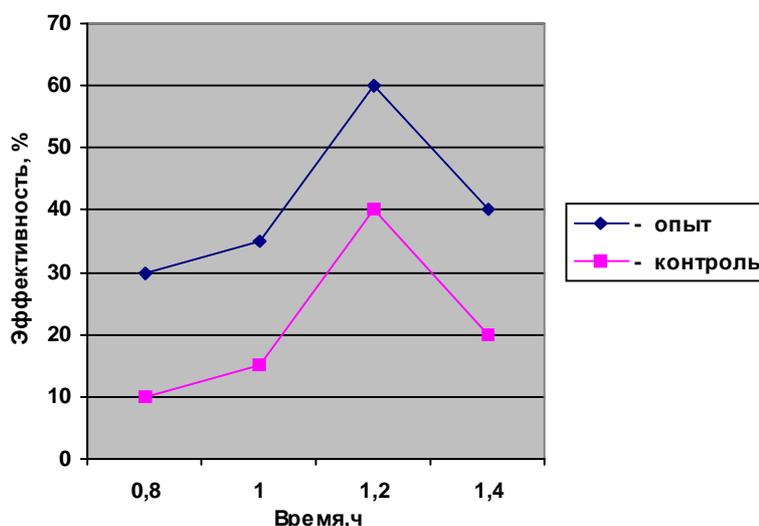


Рис. 5. Эффективность окисления нефтепродуктов в зависимости от времени пребывания сточной воды в биореакторе



освобождения стоков от загрязняющих веществ определено в 1,2 часа (рис. 5).

Прослеженная динамика изменения концентрации суммарного количества нефтепродуктов в осветляемой сточной жидкости в опытно и контрольном вариантах показала почти одинаковую зависимость.

Удлинение времени отстоя от 2 до 4 часов не привело видимого изменения содержания как нефтепродуктов, так и взвешенных веществ.

Таким образом, проведенные полупроизводственные испытания вновь созданной установки и на ее базе технологической схемы подготовки высококонцентрированных углеводородсодержащих производственных стоков до норм отвода в биологические очистные сооружения показали преимущество использования подобной технологии для снятия повышенных количеств нефтепродуктов. Она оправдана в силу достижения высоких показателей очистки стоков за сравнительно короткое время и меньших эксплуатационных и других затрат по сравнению с существующими традиционными схемами. Целесообразность применения ее в технологической схеме очистки делает метод универсальным, т.к. он может быть использован как для предварительной подготовки, так и глубокой очистки производственных сточных вод сравнительно высокой нагрузкой по загрязняющим веществам (ХПК до 1600 мг/л, содержание углеводов более 100 мг/л).

В традиционных очистных сооружениях биологическим окислением нефтезагрязнений 80-85 %-ный эффект достигается от 16 до 20 часов, а с микробным методом с использованием СОА и отстоя, за 1,2-1,5 часа. При этом показатели оценки качества очищенной сточной жидкости (N, P, численность гетеротрофных микроорганизмов и др.) близки по значениям.

Выводы:

1. Максимальная эффективность деструкции нефтепродуктов в струйно-отстойном аппарате достигается при времени биоокисления 1,2 часа, соотношении биогенных элементов БПК_{полн.} 100: N: 5:P: 1 и концентрации индуцирующих соединений $35 \cdot 10^{-6}$ М.

2. Дополнительное внесение в очищаемую сточную жидкость индуцирующих соединений повышает интенсивность биологического окисления нефтепродуктов до 75 % по сравнению с контролем, где эффективность окисления остаётся на стабильно низком уровне 40 %.

3. Применение метода доочистки путем отстоя во вторичном отстойнике, длительностью в пределах 1,5-2 часа повышает эффективность биодegradации нефтепродуктов до 82 %.

4. Использование испытанной технологической схемы углеводородсодержащих сточных вод, причем с высокой нагрузкой загрязнений и достигаемой конечной целью снятия нефтепродуктов и других сопутствующих соединений, указывает на целесообразность использования метода и создания на его основе технологической схемы очистки и доочистки сточных вод локальных производств не только органического синтеза, но и других подобных предприятий.

Литература

1. Жмур Н.С. Управление процессом и контроль результата очистки вод на сооружениях с аэротенком. – М.: Луч, 1997. – 172 с.
2. Морозов Н.В. Экологическая биотехнология: очистка природных и сточных вод макрофитами. – Казань: Изд-во КГПУ, 2001. – 396 с.