

УДК 628.543.5:665.6

А.В. БЕЛЯКОВ

зам. главного инженера по промышленной безопасности, охране труда и окружающей среды
ОАО «Новокуйбышевский нефтеперерабатывающий завод»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОДНОСТУПЕНЧАТОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА

RESEARCH OF OIL REFINING PLANT WASTEWATER'S ONE-STAGE BIOLOGICAL TREATMENT

Представлены результаты исследований биологической очистки сточных вод Новокуйбышевского нефтеперерабатывающего завода по технологии нитрификации - денитрификации. Показана возможность достижения современных требований к качеству очищенной воды по соединениям азота, в том числе при очистке производственного стока без смешения с городскими сточными водами. Получены необходимые зависимости и технологические параметры для выбора режимов опытно-производственной эксплуатации очистных сооружений по одноступенчатой схеме с нитри-денитрификацией.

Ключевые слова: очистные сооружения, сточные воды, нефтеперерабатывающий завод, биологическая очистка, нитри-денитрификация.

Технологическая схема и расчетные параметры очистных сооружений выбираются на основании качественного и количественного состава сточных вод. За последние годы на нефтеперерабатывающих заводах произошло изменение расходов сточных вод и концентраций загрязнений, поступающих на биологическую очистку, при одновременном увеличении требований к качеству очищенного стока.

Все это требует анализа сложившейся ситуации и проведения технических и технологических

The article reports on the research results of wastewater's biological treatment at Novokuibyshevsk oil refining plant using the technology of nitrification - denitrification. The paper reveals the possibility of meeting modern requirements for treated water quality by nitrogen compounds while treating industrial wastewater without mixing it with municipal wastewater. Necessary dependencies and technological parameters for choosing the mode of experimental and production use of treatment structures by one-stage scheme with nitrification- denitrification are given.

Key words: treatment structures, waste water, oil refining plant, biological treatment, nitrification- denitrification.

мероприятий, направленных на интенсификацию и повышение эффективности работы очистных сооружений в новых условиях. В табл. 1 приведены проектные и фактические показатели состава сточных вод на входе и выходе сооружений биологической очистки сточных вод Новокуйбышевского нефтеперерабатывающего завода (далее НК НПЗ) и требования к качеству очищенных сточных вод.

Сравнивая проектные и фактические показатели на входе в сооружения биологической очистки,

Таблица 1

Проектный и фактический состав сточных вод на входе и выходе сооружений биологической очистки НКНПЗ и нормативные требования

Показатель	Проектные значения		Фактические значения		Нормативные значения
	вход	выход	вход	выход	
Расход, м ³ /сут	102 000		65 000		46 575
БПК _{полн} , мг/л	570	10	110	12	3
ХПК, мг/л	715	120	275	130	14,3281
Нефтепродукты, мг/л	55	10	30	2,5	0,09
N-NH ₄ , мг/л	65	30	15	5	0,39
N-NO ₃ , мг/л	-	2,5	-	4,1	2,13
N-NO ₂ , мг/л	-	7	-	0,15	0,024
Сульфиды, мг/л	17	отс.	5	отс.	отс.
Фенолы, мг/л	25	0,04	2,5	0,017	0,001

можно сделать вывод о снижении исходных концентраций и возможности применения согласно нормативным требованиям¹ одноступенчатой схемы вместо двухступенчатой. Такое снижение может быть объяснено целым рядом факторов:

- повышение технологической дисциплины вследствие ужесточения требований к составу сточных вод, сбрасываемых с технологических объектов предприятия в промканализацию;
- оборудование ряда установок локальными очистными сооружениями;
- сокращение загрязнений в оборотной воде за счет применения более надежной теплообменной аппаратуры, повлекшее за собой снижение концентраций загрязняющих веществ в воде, сбрасываемой в канализацию с нефтеотделителей блоков оборотного водоснабжения;
- повышение эффективности работы сооружений механической и физико-химической очистки стоков.

Сопоставление проектного качества очищенных сточных вод с современными нормативными требованиями указывает на необходимость применения технологии нитри-денитрификации.

Для уточнения и корректировки технологических параметров очистных сооружений, работающих по одноступенчатой схеме с нитри-денитрификацией, необходимо проведение экспериментальных исследований на лабораторной установке, реализующей эту технологию на реальной сточной воде НПЗ. Определение данных параметров явилось целью настоящей работы.

Лабораторная установка состояла из денитрификатора и нитрификатора, выполненных из стеклянных колонн диаметром 105 мм объемом 2,9 и 10,7 л соответственно, и вторичного отстойника, представляющего собой колонну из оргстекла диаметром 50 мм. Перемешивание иловой смеси в денитрификаторе осуществлялось посредством магнитной мешалки, установленной в нижней части денитрификатора. Воздух в нитрификатор подавался микрокомпрессором.

Исследования были проведены при участии сотрудников НИИ ВОДГЕО на сточной воде НК НПЗ. Исходная вода равномерно в течение суток дозирующим устройством подавалась на установку и прохо-

дила последовательно денитрификатор и нитрификатор. Иловая смесь из нитрификатора поступала во вторичный отстойник. Активный ил возвращался перистальтическим насосом в денитрификатор, а осветленная вода отводилась из установки.

При пуске установки в работу в нитрификатор и денитрификатор был добавлен активный ил из аэротенка второй ступени действующих очистных сооружений НК НПЗ. В связи с тем, что сточные воды НПЗ характеризуются низким содержанием фосфора, для нормального протекания биологических процессов в исходную воду, поступающую на установку, добавлялся фосфорнокислый калий.

Контроль технологических параметров работы лабораторной установки и эффективности очистки сточных вод осуществлялся по следующим основным показателям: ХПК, БПК, аммонийный азот, нитриты, нитраты, фосфор, нефтепродукты, взвешенные вещества, а также иловый индекс и концентрация активного ила. Анализы выполнялись заводской лабораторией по стандартным методикам.

Исследования проводились в три этапа. На 1-м этапе продолжительностью 66 суток на установку подавалась смесь промстока НК НПЗ после механической и физико-химической очистки и сточных вод г. Новокуйбышевска после механической очистки в среднем соотношении 3,5:1. Расход сточных вод, подаваемых на установку, составлял 14,5 л/сут, при этом время пребывания в нитрификаторе - 17,6 ч, а в денитрификаторе - 4,8 ч.

На 2-м этапе продолжительностью 20 суток на установку подавался только промышленный сток после первичных отстойников. На 3-м этапе в течение 77 суток исходным являлся промсток, отобранный до первичного отстаивания. Расход сточных вод на 2-м и 3-м этапах был установлен 12 л/сут, при этом время пребывания в нитрификаторе составляло 21,3 ч, а в денитрификаторе - 5,8 ч.

Сравнение качества исходной и очищенной сточной воды по этапам работы лабораторной установки представлено в виде диаграмм. Из рис. 1 видно, что на 1-м этапе ХПК поступающей воды в среднем составляла 236 мг/л, ХПК очищенной воды - 91 мг/л. На 2-м этапе исходная вода характеризовалась наличием в ней органических загрязнений по ХПК в среднем около 200 мг/л, а очищенная вода - 100 мг/л. При очистке производственного стока без первичного отстаивания (3-й этап) исходное значение ХПК увеличилось почти до 400 мг/л, а ХПК очищенного стока возросло до 125 мг/л (в среднем).

¹ ВУТП-97. Ведомственные указания по технологическому проектированию производственного водоснабжения, канализации и очистки сточных вод предприятий нефтеперерабатывающей промышленности. М.: Министерство топлива и энергетики РФ, Ведомственные указания, 1997.73с.

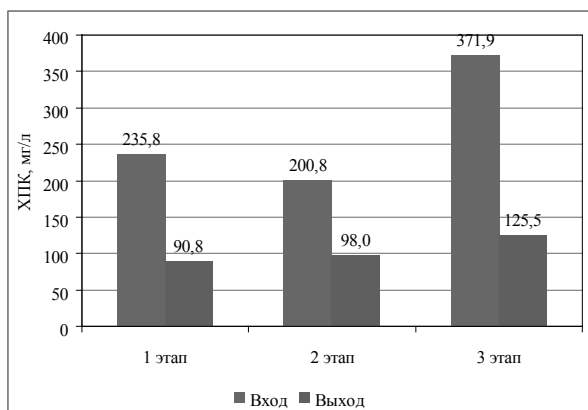


Рис. 1. Изменение средней концентрации органических загрязнений в сточной воде в ходе эксперимента

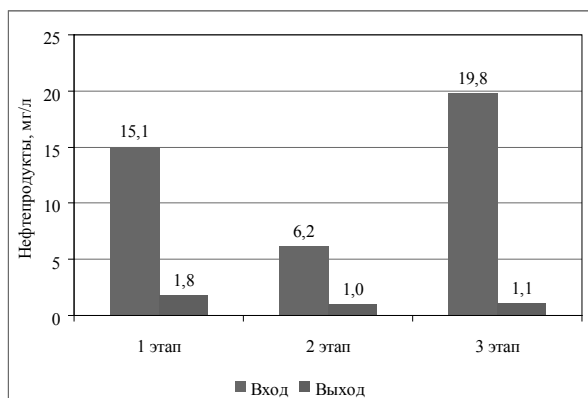


Рис. 2. Изменение средней концентрации нефтепродуктов в сточной воде в ходе эксперимента

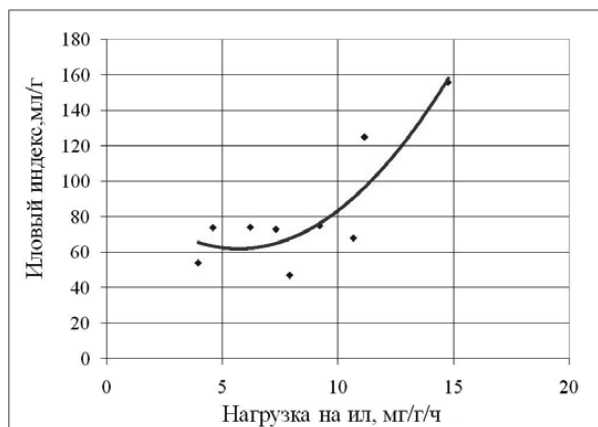


Рис. 3. Зависимость илового индекса от нагрузки на ил по ХПК при очистке смешанного стока

Концентрация нефтепродуктов на 1-м этапе на входе в установку изменялась в диапазоне 9-24 мг/л, а в очищенном стоке снижалась в среднем до 1,8 мг/л при максимальном значении 4,0 мг/л. На 2-м этапе

содержание нефтепродуктов уменьшалось в среднем с 6,2 до 1 мг/л, а на 3-м - с 19,8 до 1,1 мг/л (рис. 2).

Как показывают результаты эксперимента, в лабораторном аэротенке имел место процесс нитрификации.

Концентрация аммонийного азота на 1-м этапе снижалась в среднем с 20 до 2,0 мгN/л, а концентрация нитратов увеличивалась до 8-20 мгN/л. Следует отметить, что в лабораторном аэротенке не происходило накопление нитритов, как это наблюдается в промышленных аэротенках при торможении второй фазы нитрификации. Концентрация нитритов не превышала 0,62 мгN/л.

На 2-м этапе эксперимента при исходной концентрации аммонийного азота в промстоке не выше 20 мгN/л наблюдалось его снижение до 0,06-2 мгN/л.

При увеличении $N-NH_4$ в исходном стоке до 30-45 мгN/л его концентрация в очищенной воде составляла 3-15 мгN/л при данном технологическом режиме установки.

На основании результатов работы лабораторной установки получена зависимость илового индекса от нагрузки на ил при окислении смешанного стока (рис. 3). Оптимальная нагрузка по ХПК составила от 4 до 10 мг/(г·ч).

Снижение концентрации нитратов в результате денитрификации зависело от кислородного режима в денитрификаторе. Известно, что процесс денитрификации тормозится при концентрации растворенного кислорода свыше 0,5 мг/л. На всех этапах работы установки при увеличении концентрации растворенного кислорода в денитрификаторе свыше 0,5-0,8 мг/л концентрация нитратов в очищенной воде превышала ПДК на сброс в водоем рыбохозяйственного назначения (9,1 мгN/л).

Кроме того, на процесс нитрификации значительное влияние оказывало значение pH среды. Необходимо обратить внимание, что величина pH исходной сточной воды за период эксперимента изменялась от 5,7 до 8,3. При этом в аэротенке имело место снижение pH за счет процессов нитрификации до 4,7-5,5. Поэтому исходные сточные воды подщелачивали едким натром до pH 9,0-9,5. На рис. 4 продемонстрировано влияние pH иловой смеси аэротенка на эффективность нитрификации как смешенного стока, так и промстока. Оптимальное значение pH находилось в диапазоне 6,5-8,0.

Средние значения химического состава исходной и очищенной сточных вод, полученные в ходе эксперимента, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Средние значения качества исходных и очищенных на лабораторной установке сточных вод, мг/л

Наименование	1-й этап		2-й этап		3-й этап	
	вход	выход	вход	выход	вход	выход
БПК ₅	71,8	3,6	38,0	5,1	105,9	6,9
ХПК	235,8	90,8	200,8	98,0	371,9	125,5
Нефтепродукты	15,1	1,8	6,2	1,0	19,8	1,1
Взвешенные вещества	39,8	11	37,2	19,8	143,7	18,9
N-NH ₄	22,5	5,2	17,6	5,8	29,7	8
N-NO ₂	1,8	0,3	4,2	0,02	3,0	0,065
N-NO ₃	0,24	12,1	0,6	4,8	2,9	11,2
Фосфор (по Р)	1,9	1,7	1,6	1,4	1,6	1,5

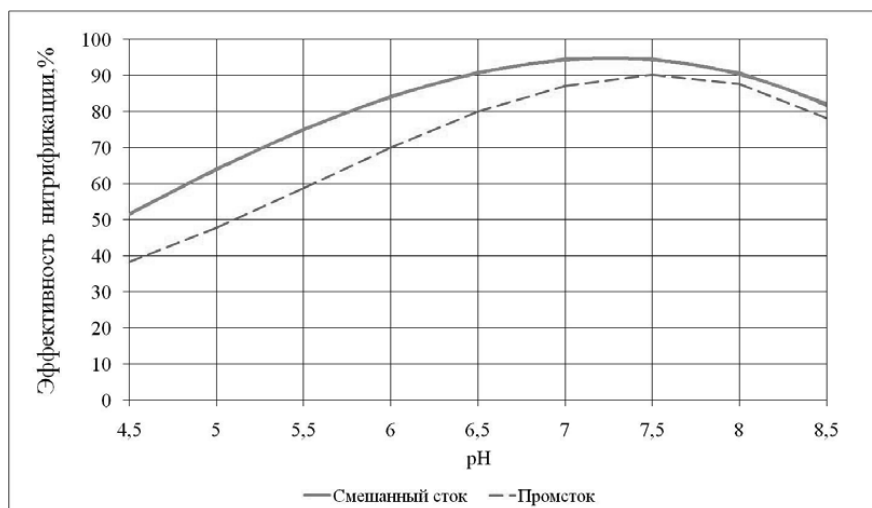


Рис. 4. Влияние pH на эффективность нитрификации

Анализ табл. 2 показывает положительное влияние городского стока (1-й этап) на процессы биологической очистки, однако возможна работа сооружений без его добавления. Использование ступени первичного отстаивания (2-й этап) также повышает качество очищенной воды по сравнению со схемой без него (3-й этап), однако в последнем случае эффект очистки, выраженный в процентах, выше. Концентрации загрязнений в очищенных сточных водах на всех этапах превышали установленные нормативные показатели (табл. 1), что требует проведения дальнейших исследований.

Выводы

1. Проведен сравнительный качественный и количественный анализ проектного и фактического состава сточных вод Новокуйбышевского НПЗ, обоснована целесообразность перехода на одноступенчатую схему биологической очистки.

2. Доказана возможность очистки сточных вод НПЗ без добавления городского стока и повышения эффективности работы сооружений биологической очистки за счет внедрения технологии нитриденитрификации.

3. Выполненные на экспериментальной установке исследования, несмотря на нестабильность качественного состава поступающей сточной воды, неустойчивость кислородного режима, позволили получить необходимые зависимости и технологические параметры для выбора режимов опытно-производственной эксплуатации очистных сооружений. Для проверки полученных результатов требуется проведение полномасштабного производственного эксперимента.

© Беляков А.В., 2013