

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, КАНАЛИЗАЦИЯ, СТРОИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

УДК 628.543

А. Л. ВАСИЛЬЕВ¹, д-р техн. наук, доц., зав. кафедрой водоснабжения, водоотведения, инженерной экологии и химии; А. С. ТАРАСОВ, ведущий инженер-технолог²

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ДЕСТРУКТИВНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

¹ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет»

Россия, 603952, г. Н. Новгород, ул. Ильинская, д. 65. Тел.: (831) 430-54-87; эл. почта: k_viv@nngasu.ru

²АО «Дзержинский Водоканал»

Россия, 606019, Нижегородская область, г. Дзержинск, пр-т Дзержинского д. 43; Тел.: (8313) 25-96-17; эл. почта: alec-tarasoff@mail.ru

Ключевые слова: производственные сточные воды от цеха первичной обработки сырья, физико-химическая очистка сточных вод от пряжебелильного цеха, физико-химическая очистка сточных вод от цеха печати рисунка, загрязняющие вещества.

Предложены результаты лабораторных, аналитических исследований метода деструктивной очистки реальных сточных вод текстильных предприятий, получены результаты, обнаружены изменение показателей загрязнений, связанное с особенностями технологического процесса изготовления тканей.

Качественный состав образующихся стоков на текстильном предприятии меняется в зависимости от режимов полоскания ткани, промывки оборудования после каждой операции, количества и вида применяемых красителей, вида и состав печатных красок [1].

Решение проблемы по очистке сточных вод текстильного предприятия требует проведения лабораторных, аналитических исследований, программа которых состоит из трех циклов опытов:

- 1) физико-химической очистки реальных сточных вод цеха первичной обработки сырья на лабораторной установке;
- 2) физико-химическая очистка сточных вод от пряжебелильного цеха;
- 3) физико-химическая очистка сточных вод от цеха печати рисунка.

Для проведения сравнительных исследований была собрана лабораторная установка (рис. 1, 2), состоящая из резервуара-усреднителя с перемешивающим и подогревающим устройством, реакторов нейтрализации в количестве трех единиц, первый реактор по внутреннему объему заполнен стружечной загрузкой, второй реактор заполнен стружечной загрузкой и разделен секционирующими перегородками, третий реактор загружен стружечной загрузкой, разделен секционирующими перегородками, в нижней части днища предусмотрено размещение барботирующего устройства [2, 3].

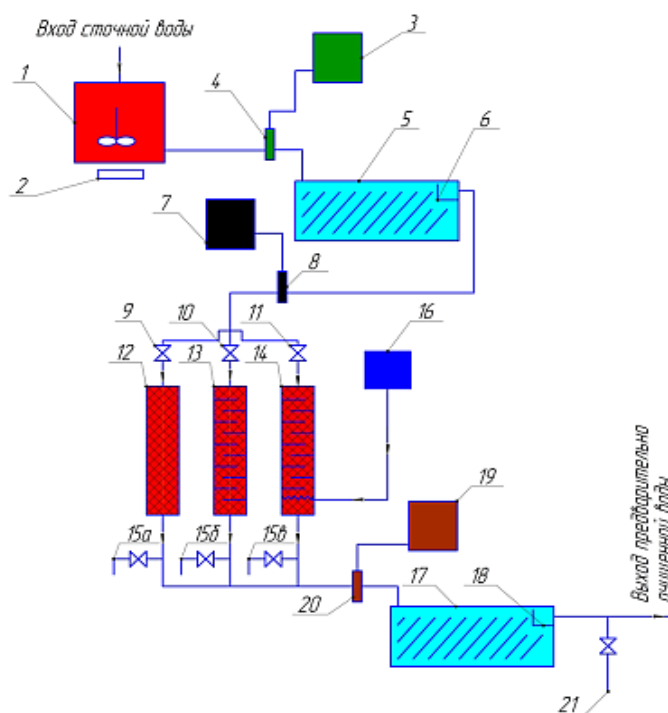


Рис. 1. Лабораторная установка изучения нейтрализации сточных вод цеха подготовки сырья: 1 – резервуар-усреднитель; 2 – мешалка магнитная с подогревом; 3 – резервуар для дозирования раствора флокулянта; 4 – смеситель, для введения раствора флокулянта в очищаемую воду; 5 – резервуар, оборудованный тонкослойными модулями; 6 – погружной водосборный лоток с зубчатым переливом; 7 – резервуар для дозирования серной кислоты; 8 – смеситель для подкисления очищаемой воды; 9, 10, 11 – запорная арматура, предназначенная для переключения направления очищаемой воды; 12 – реактор-нейтрализатор № 1, 13 – реактор-нейтрализатор № 2; 14 – реактор-нейтрализатор № 3; 15а, б, в – пробоотборники; 16 – воздушный компрессор; 17 – резервуар с тонкослойными модулями; 18 – погружной водосборный лоток с зубчатым переливом; 19 – резервуар для дозирования раствора щелочи; 20 – смеситель для введения раствора щелочи в очищаемую воду; 21 – пробоотборник

Очищаемая сточная вода по системе трубопроводов поступает в устройства нейтрализации № 1, 2, 3 для проведения сравнительных исследований интенсивности очистки по основным загрязняющим веществам [4, 5, 6]. Полученные лабораторные результаты позволяют сделать вывод о том, что наибольшую эффективность показал реактор-нейтрализатор № 3.

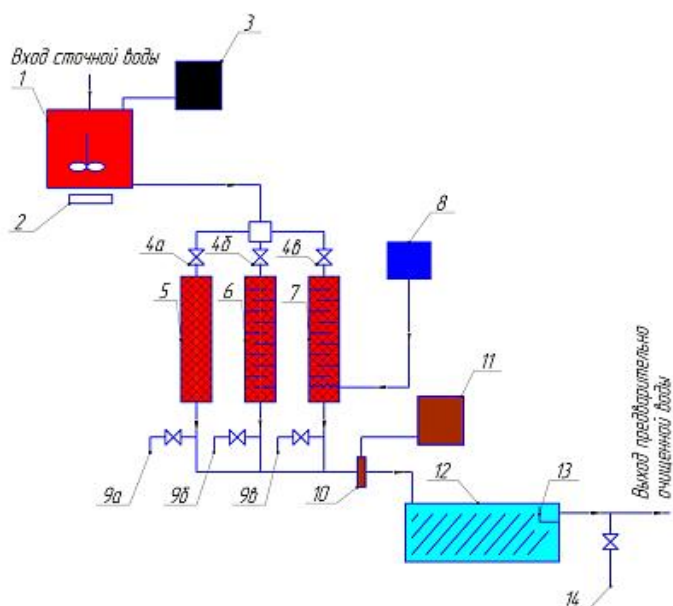


Рис. 2. Лабораторная установка изучения нейтрализации сточных вод пряжебелильного и цеха печати рисунка: 1 – резервуар-усреднитель; 2 – мешалка магнитная с подогревом; 3 – резервуар для дозирования раствора кислоты; 4а,б,в – запорная арматура для переключения потока очищаемой воды; 5 – реактор-нейтрализатор № 1; 6 – реактор-нейтрализатор № 2; 7 – реактор-нейтрализатор № 3; 8 – воздушный компрессор; 9а,б,в – пробоотборник; 10 – смеситель для ввода раствора щелочи; 11 – резервуар дозирования раствора щелочи; 12 – резервуар с тонкослойными модулями; 13 – погружной водосборный лоток с зубчатым переливом; 14 – пробоотборник

1-я серия опытов проводилась по определению степени удаления взвешенных веществ на сточных водах, поступающих от цеха первичной обработки сырья, пряжебелильного цеха и цеха печати рисунка, результаты проведенных опытов представлены (рис. 3, 4).

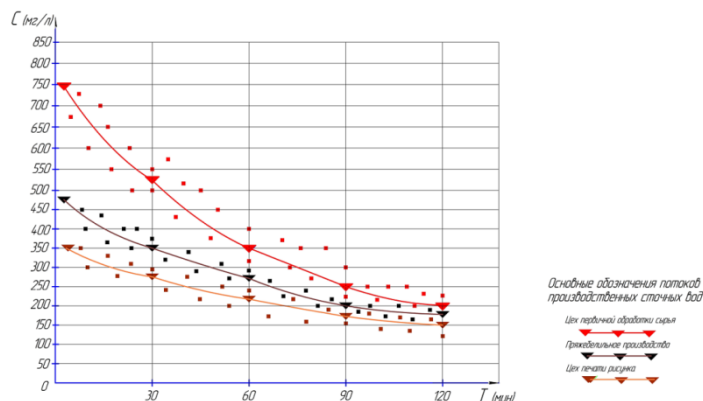


Рис. 3. Зависимость снижения количества взвешенных веществ от времени пребывания в реакторе-нейтрализаторе

Производим измерение массовой концентрации взвешенных веществ с использованием мембранного фильтра и в соответствии с ПНД Ф 14.1:2:3.100-97. Массовую концентрацию взвешенных веществ в анализируемой пробе сточной воды X , мг/дм³, рассчитываем по формуле:



$$X = \frac{(m_{\phi o} - m_{\phi}) \cdot 100}{V}, \quad (1)$$

где $m_{\phi o}$ – масса бюкса с мембранным или бумажным фильтром с осадком взвешенных веществ, г; m_{ϕ} – масса бюкса с мембранным или бумажным фильтром без осадка, г; V – объем профильтрованной пробы воды, дм^3 .

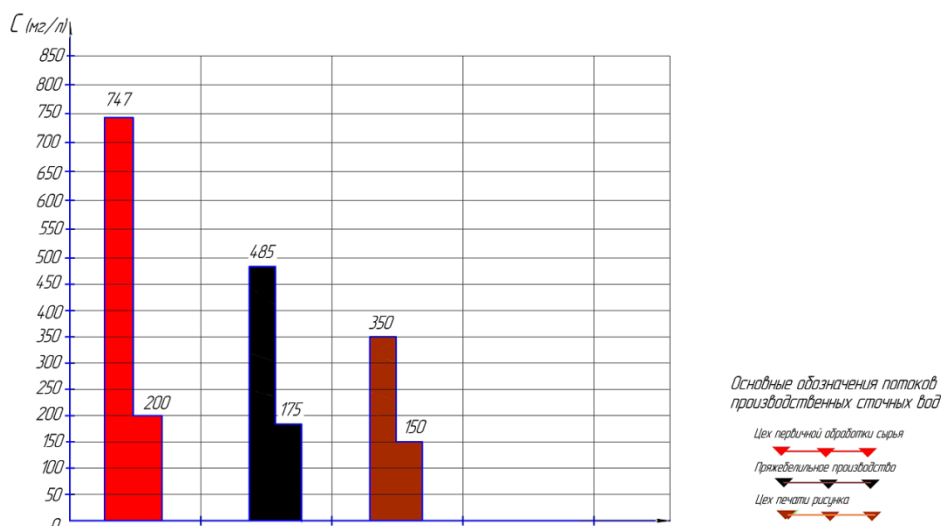


Рис. 4. Количество удаляемых взвешенных веществ на стадии физико-химической очистки

2-я серия опытов проводилась по определению степени снижения БПК на сточных водах, поступающих от цеха первичной обработки сырья, пряжебелильного цеха, цеха печати рисунка. Результаты опытов на (рис. 5, 6).

При проведении опытов использовалось следующее оборудование: измеритель БПК *Oxi Top* производства фирмы *WTW*, Германия. Ход выполнения измерений в соответствии с требованиями п. 9 ПНД Ф 14.1:2:3. 110-97, при интерпретации результатов измерения вод, сильно загрязненных органическими веществами, расчет БПК₅ проводим по формуле:

$$\text{БПК}_5 = \frac{FM(V_2 - V_1)}{V_1} - N, \quad (2)$$

где M – показания *Oxi Top* за 5-й день; F – коэффициент пересчета; V_1 – объем анализируемой пробы в разбавлении, см^3 ; V_2 – объем разбавляющей воды в разбавлении, см^3 ; N – поправка, учитывающая величину БПК₅ разбавляющей воды (результат холостого опыта).

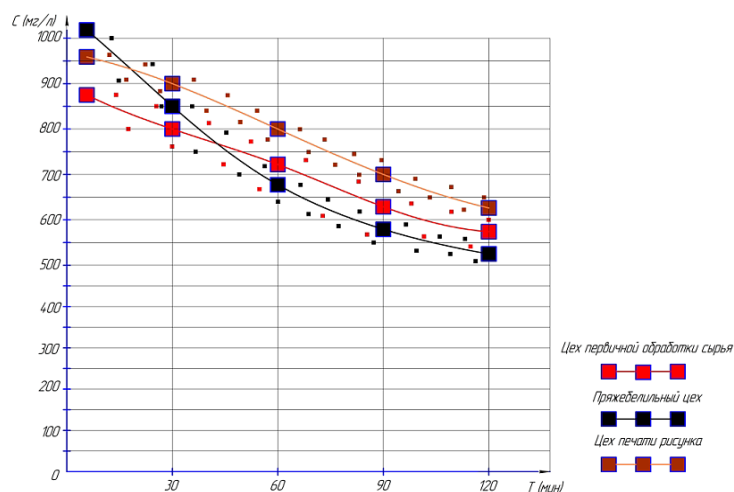


Рис. 5. Зависимость понижения БПК от времени пребывания в реакторе нейтрализаторе

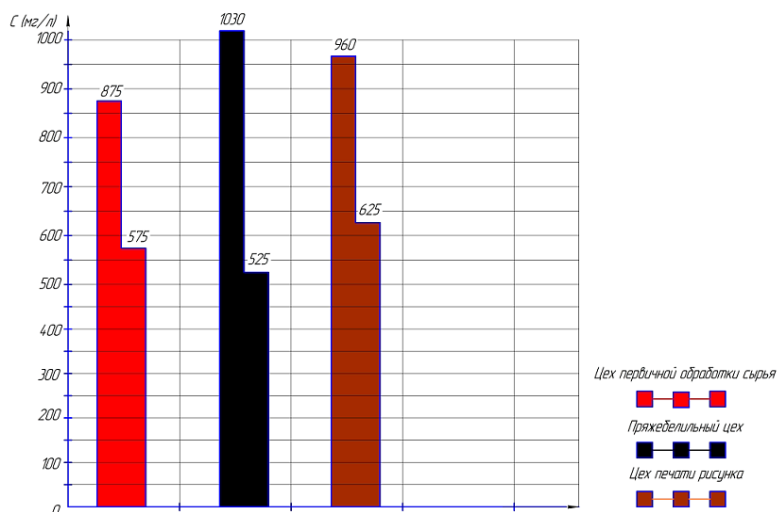


Рис. 6. Количество снижаемого БПК на стадии физико-химической очистки

3-я серия опытов проводилась по измерению химического потребления кислорода титриметрическим методом ПНД Ф 14.1:2:4.158-200, который основан на окислении органических веществ избытком бихромата калия $K_2Cr_2O_7$ в растворе серной кислоты при нагревании в присутствии катализатора – сульфата серебра. Остаток бихромата калия находим титрованием раствором соли Мора и по полученной разности определяем количество $K_2Cr_2O_7$, израсходованное на окисление органических веществ.

Величину ХПК анализируемой пробы воды X , мг/дм³, находим по формуле:

$$X = \frac{8,0 \cdot (V_{mx} - V_m) \cdot C_m \cdot 1000}{V}, \quad (3)$$

где V_{mx} – объем раствора соли Мора, израсходованный на титрование в холостом опыте, см³; V_m – объем раствора соли Мора, израсходованный на титрование в пробе воды, см³; C_m – молярная концентрация эквивалента



раствора соли Мора, 0,25 или 0,025 моль/дм³; V – объем воды, взятый для определения, см³; 8,0 – масса миллимоля кислорода, эквивалентная 1 ммоль соли Мора, мг/моль. Результаты опытов на (рис. 7, 8).

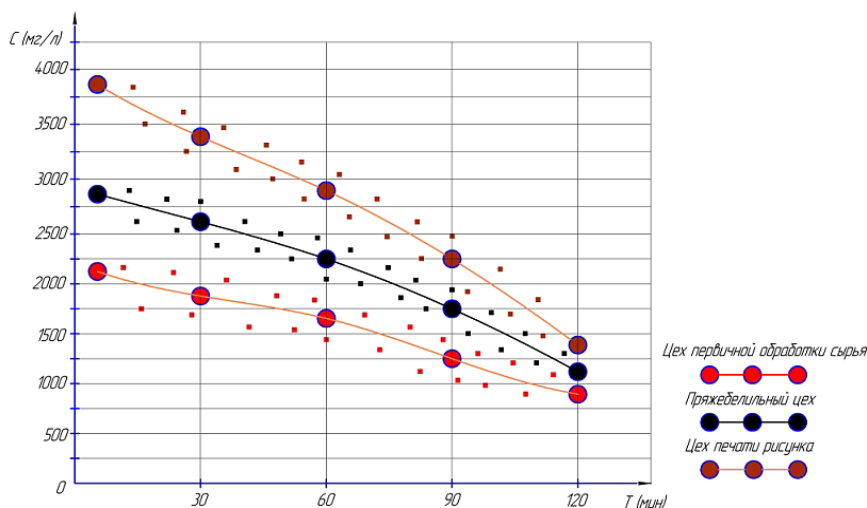


Рис. 7. Зависимость понижения ХПК от времени пребывания в реакторе-нейтрализаторе

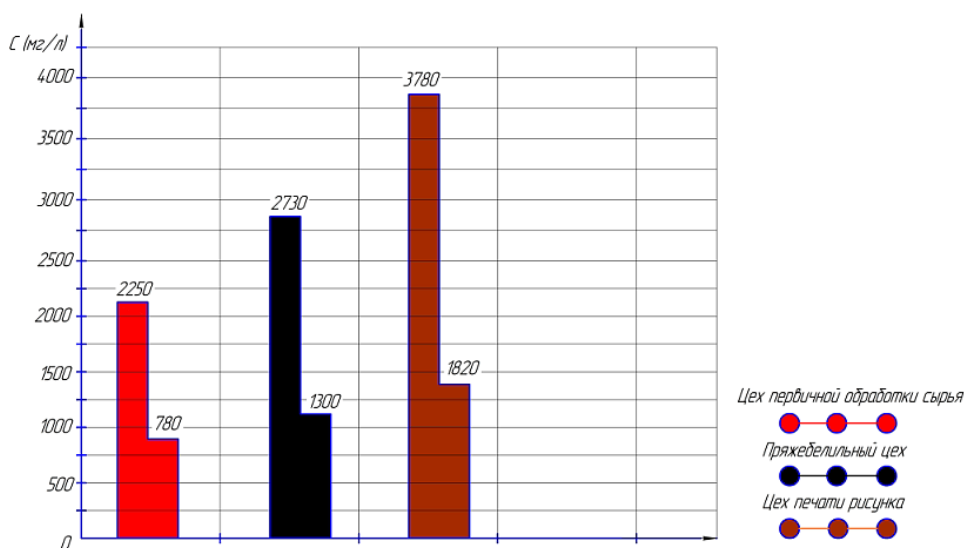


Рис. 8. Количество снижаемого ХПК на стадии физико-химической очистки

4-я серия опытов проводилась по снижению цветности, полученные пробы исследовались фотометрическим методом определения, основанным на сравнении полученных испытуемых проб с растворами, имитирующими природную цветность по методике ПНД Ф 12.15.1-08. Для определения цветности используют хром-кобальтовую шкалу.

Результаты опытов на рис. 9, 10.

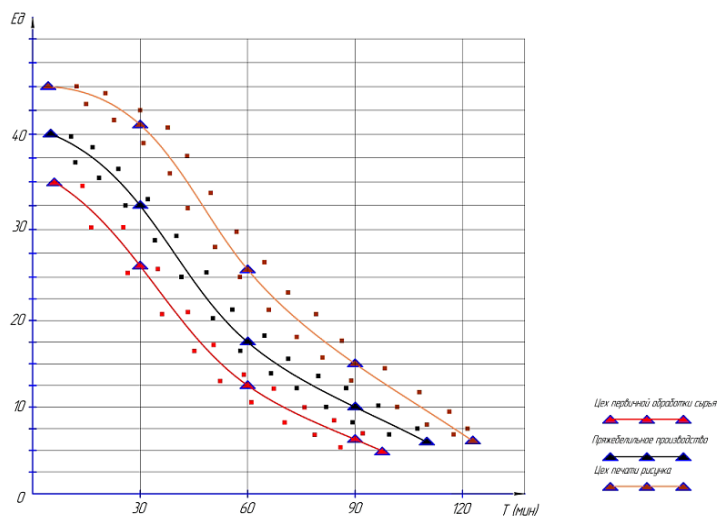


Рис. 9. Зависимость снижения цветности от времени пребывания в реакторе-нейтрализаторе

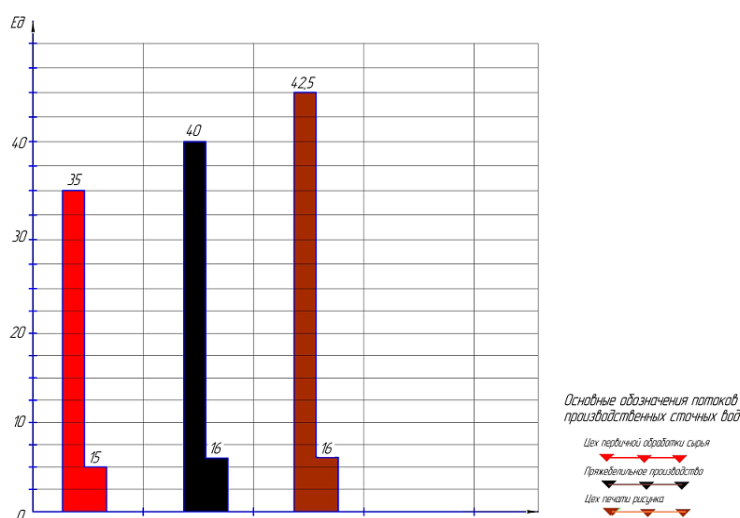


Рис. 10. Количество снижаемой цветности на стадии физико-химической очистки

Измерения выполнялись на спектрофотометре, позволяющем измерять оптическую плотность при длине волны $\lambda = 413$ нм, использовались цилиндры Нesslerа вместимостью 100 см^3 и другое лабораторное оборудование.

При фотометрическом определении величину цветности находим по градуировочному графику, если проба была разбавлена, то учитываем коэффициент разбавления. За результат измерения цветности принимаем среднее арифметическое определений X_1 и X_2

$$X_{cp} = \frac{X_1 - X_2}{2}, \quad (4)$$

для которых выполняется следующее условие:



$$|X_1 - X_2| \leq r (X_1 + X_2)/200, \quad (5)$$

где r – предел повторяемости.

5-я серия опытов проводилась на снижение СПАВ; измерение содержания СПАВ проводилось по следующей методике ПНД Ф 14.1:2:4.158-200, основанной на экстракции хлороформом ионных пар анионных поверхностно-активных веществ с красителем акридиновым желтым из подготовленной пробы с последующим измерением интенсивности флуоресценции экстракта с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02». Коэффициент разбавления Q_2 вычисляем по формуле:

$$Q_2 = \frac{V_k}{V_a}, \quad (6)$$

где V_k – объем разбавленной пробы, см^3 ; V_a – аликвота подготовленной пробы, взятая для разбавления, см^3 .

Массовую концентрацию СПАВ в аликвоте пробы вычисляем по формуле:

$$C = C_{\text{изм}} \cdot Q_1 \cdot Q_2, \quad (7)$$

где $C_{\text{изм}}$ – измеренная концентрация АПАВ по п. 9.3 ПНД Ф 14.1:2:4.158-200; Q_1 – коэффициент концентрирования пробы при экстракции; при объеме пробы 5 см^3 $Q_1 = 1$, при объеме 20 см^3 $Q_1 = 0,25$; Q_2 – коэффициент разбавления пробы, равной соотношению объемов мерной колбы и пипетки, использованных при разбавлении. Если пробу не разбавляют, то $Q = 1$. Результаты опытов на рис. 11, 12.

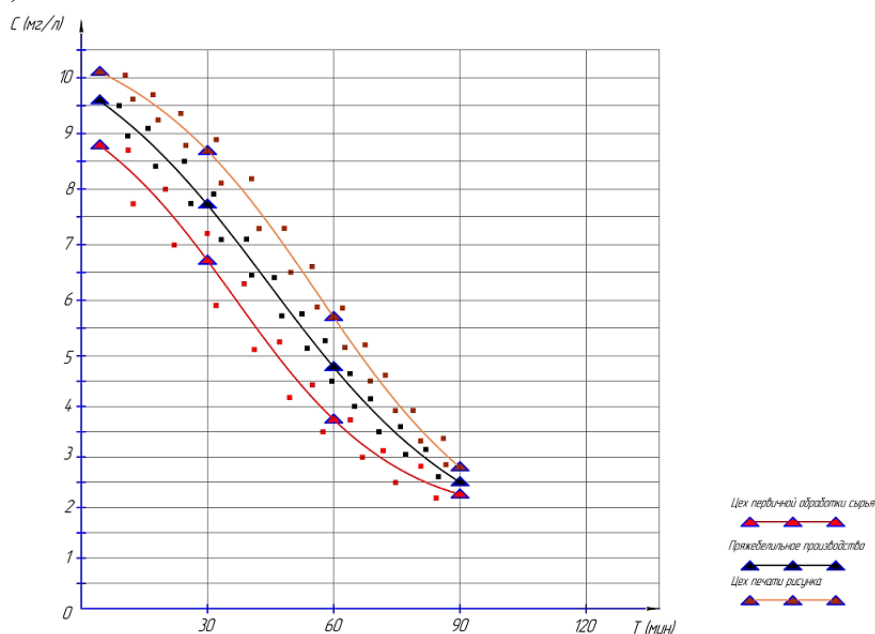


Рис. 11. Зависимость снижения СПАВ от времени пребывания в реакторе-нейтрализаторе

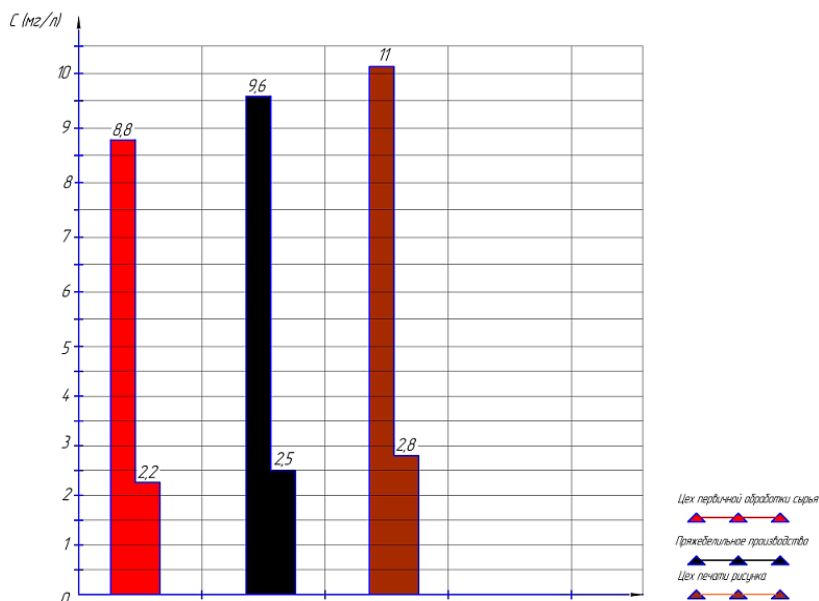


Рис. 12. Количество снижаемых СПАВ на стадии физико-химической очистки

По результатам проведенных опытов установлено следующее:

1. В работе промышленного оборудования по очистке стоков АО «Яковлевская фабрика» отсутствовала стабильность показателей качества очистки и сохранялась тенденция к низкому качеству очистки [7, 8].

2. Лабораторная установка показала лучшее качество очистки сточных вод текстильной фабрики, чем существующее промышленное оборудование [9, 10]. Полученные результаты исследования представлены в таблице.

Эффект снижения загрязняющих веществ на лабораторной и промышленной установке

Показатель	Лабораторная установка снижения загрязняющих веществ, %	Промышленная установка снижения загрязняющих веществ, %	Показатель эффективности, %
ХПК	74	60	14
БПК	74	55	19
СПАВ	80	30	50
Цветность	88	62	26
Взвешенные вещества	73	7	66

3. Разработанная лабораторная установка очистки сточных вод от трудно окисляемых органических соединений и взвешенных веществ обеспечивает по сравнению с применяемым оборудованием в промышленности повышение эффективности очистки производственных сточных вод.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Борисов, Г. С. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию / Г. С. Борисов, В. П. Брыков, Ю. И. Дытнерский. – Москва : Химия, 1991. – С. 392–399. – Текст : непосредственный.



2. Васильев, Г. В. Очистка сточных вод предприятий текстильной промышленности / Г. В. Васильев. – Москва : Легкая индустрия, 1969. – 236 с. – Текст : непосредственный.
3. Демура, М. В. Проектирование тонкослойных отстойников / М. В. Демура. – Киев : Будивельник, 1981. – 49 с. – Текст : непосредственный.
4. Домашнев, А. Д. Конструирование и расчет химических аппаратов / А. Д. Домашнев. – Москва : Машгиз, 1961. – 624 с. – Текст : непосредственный.
5. Дытнерский, Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию / Ю. И. Дытнерский. – Москва : Химия, 1991. – 495 с. – ISBN: 5-7245-0133-3. – Текст : непосредственный.
6. Ефимов, А. Я. Очистка сточных вод предприятий легкой промышленности / А. Я. Ефимов, И. М. Таварткиладзе, Л. И. Ткаченко. – Киев : Техника, 1985. – 230 с. – Текст : непосредственный.
7. Жуков, А. И. Очистка промышленных сточных вод / А. И. Жуков. – Москва : Госстройиздат, 1966. – 286 с. – Текст : непосредственный.
8. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – Изд. 2-е пер. и доп. – Москва : Химия, 1973. – 750 с. – Текст : непосредственный.
9. Технологические инновации в области очистки сточных вод / Е. М. Крючихин, Н. А. Николаев, Н. А. Жильникова, Н. Ю. Большаков. – Текст : непосредственный // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. – № 6, часть 1. – С. 9–14.
10. Патент № 2692381 Российская Федерация, МПК СО2F1/64. Устройство для очистки сточных вод от трудноокисляемых органических соединений и взвешенных веществ : № 2018117026 : заявл. 07.05.2018 : опубл. 24.06.2019 / А. Л. Васильев, А. С. Тарасов ; Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – 10 с. – Текст : непосредственный.

VASILEV Aleksey Lvovich¹, doctor of technical sciences, associate professor, holder of the chair of water supply, sewage, engineering ecology and chemistry; TARASOV Aleksandr Sergeevich², leading engineer-technologist

STUDY OF THE DESTRUCTIVE CLEANING METHOD OF WASTEWATER IN TEXTILE INDUSTRY ENTERPRISES

¹Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering
65, Iljinskaya St., Nizhny Novgorod, 603952, Russia. Tel.: +7 (831) 430-54-92;
e-mail: k_viv@nngasu.ru

²JSC “Dzerzhinsky Vodokanal”

43, Dzerzhinsky Ave., Dzerzhinsk, Nizhny Novgorod region, 606019, Russia.
Tel.: +7 (8313) 25-96-17; e-mail: alec-tarasoff@mail.ru

Key words: industrial wastewater from the primary processing workshop of raw materials, physical and chemical treatment of wastewater from the yarn bleaching shop, physical and chemical treatment of wastewater from the pattern printing shop, pollutants.

The article proposes the results of laboratory, analytical studies of the method of destructive treatment of real wastewater from textile enterprises; the results were obtained; changes in pollution indicators associated with the peculiarities of the technological process of fabric production were detected.



REFERENCES

1. Borisov G. S., Brykov P. V., Dytnerkiy Yu. I. Osnovnye protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii [Basic processes and apparatus of chemical technology]. Posobie po proektirovaniyu. – Moscow: Khimiya, 1991. P. 392–399.
2. Vasilev G. V. Ochistka stochnykh vod predpriyatiy tekstilnoy promyshlennosti [Wastewater treatment of textile industry]. – Moscow: Lyogkaya industriya, 1969, 236 p.
3. Demura M. V. Proektirovanie tonkosloynnykh otstoynikov [Design of thin-layer sedimentation tanks]. – Kiev: Budivel'nik, 1981, 49 p.
4. Domashnev A. D. Konstruirovaniye i raschyot khimicheskikh apparatov [Design and calculation of chemical devices]. – Moscow: Mashgiz, 1961, 624 p.
5. Dytnerkiy Yu. I. Osnovnye protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii [Basic processes and apparatuses of chemical technology]. Posobie po proektirovaniyu. Moscow: Khimiya, 1991, 495 p. – ISBN: 5-7245-0133-3.
6. Efimov A. Ya., Tavartkiladze I. M., Tkachenko L. I. Ochistka stochnykh vod predpriyatiy lyogkoy promyshlennosti [Purification of sewage of light industry enterprises]. – Kiev, Tekhnika, 1985, 230 p.
7. Zhukov A. I. Ochistka promyshlennykh stochnykh vod [Industrial wastewater treatment]. Moscow, Gosstroyizdat, 1966, 286 p.
8. Kasatkin A. G. Osnovnye protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii [Basic processes and apparatus of chemical technology]. – Izd. 2-e per. i dop. Moscow: Khimiya, 1973, 750 p.
9. Kruchikhin E. M., Nikolaev N. A., Zhilnikova N. A., Bolshakov N. Yu. Tekhnologicheskie innovatsii v oblasti ochistki stochnykh vod [Technological innovation in the field of wastewater treatment]. Vodospabzhenie i sanitarnaya tekhnika [Water supply and sanitary technique]. 2007, № 6, Vol. 1. P. 9–14.
10. Patent № 2692381 Rossiyskaya Federatsiya, MPK CO2F1/64. Ustroystvo dlya ochistki stochnykh vod ot trudnookislyaemykh organicheskikh soedineniy i vzveshennykh veschestv [Device for purification of waste water from hardly oxidised organic compounds and suspended substances] : № 2018117026: zayavl. 07.05.2018; opubl. 24.06.2019 / A. L. Vasilev, A. S. Tarasov ; Nizhegor. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. 10 p.

© А. Л. Васильев, А. С. Тарасов, 2023

Получено: 25.10.2023 г.