

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ООО «ВОСТОЧНЫЙ НЕФТЕХИМИЧЕСКИЙ ТЕРМИНАЛ»**

**Бочарова Виктория Валерьевна<sup>1</sup>, Куликова Виктория Викторовна<sup>2</sup>, Довгань Сергей  
Витальевич<sup>3</sup>, Мутовкин Юрий Михайлович<sup>4</sup>**

**<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Морской государственный университет им. адм. Г.И. Невельского», г.  
Владивосток**

**<sup>2</sup> ФГБОУ ВО «Владивостокский государственный университет экономики и сервиса»  
(филиал в г. Находке), г. Находка**

**<sup>3</sup> ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток**

**<sup>4</sup> Эксплуатационное локомотивное депо, г. Партизанск  
my\_viktor@mail.ru, vikkidis@mail.ru, sergey\_dovgan98@mail.ru  
muttik123@gmail.com**

*Аннотация: Цель работы – разработать проект очистки сточных вод ООО «Восточный Нефтехимический Терминал» при условии увеличения производственных мощностей терминала. Область применения проекта очистки сточных вод – предприятия, принимающие жидкие химические и нефтехимические грузы, которые поступают железнодорожным транспортом в резервуарный парк для временного хранения с целью дальнейшей отгрузки на морской транспорт. Контроль качества сточных вод для таких предприятий является важной составляющей хозяйственной и производственной деятельности в целях осуществления экологической безопасности окружающей среды и следования основным законам, действующим в данной сфере. Проведен обзор основного оборудования, необходимого для системы очистки сточных вод. В процессе исследования представлена информация о компонентах системы очистки ливневых, смывочных, подтоварных сточных вод, таких как решетки-сетки, песколовки, флотационная установка. Выполнен расчет пропускной способности производственно-дождевой канализации. Приведена возможная технологическая схема системы. Такое решение является своевременным в целях сохранения качества окружающей среды.*

*Ключевые слова: нефтехимическая промышленность, экологический мониторинг, системы очистки, промышленная экология, сточные воды*

Для цитирования: Бочарова В.В., Куликова В.В., Довгань С.В., Мутовкин Ю.М. Проектирование системы очистки сточных вод ООО «Восточный нефтехимический терминал». // Астраханский вестник экологического образования. 2022, №4 (70). С. 75-82 DOI 10.36698/2304-5957-2022-4-75-82

### **Earth Sciences**

#### **Short message**

## **ENGINEERING THE WASTEWATER TRANSMISSION SYSTEM OF VOSTCHY PETROCHEMICAL TERMINAL, LLC**

**Bocharova Viktorya Valeryevna<sup>1</sup>, Kulikova Viktoriya Viktorovna<sup>2</sup>, Dovgan Sergey  
Vitalyevich<sup>3</sup>, Mutovkin Yuri Mikhailovich<sup>4</sup>**

**<sup>1</sup> The Admiral Nevelskoy Maritime State University, Electromechanical department,  
Vladivostok**

**<sup>2</sup> Vladivostok State University of Economics and Service (branch of the city of Nakhodka),  
Nakhodka**

**<sup>3</sup> Far Eastern Federal University, Vladivostok**

**<sup>4</sup> Operational locomotive depots, Partizansk  
my\_viktor@mail.ru, vikkidis@mail.ru, sergey\_dovgan98@mail.ru  
muttik123@gmail.com**

*Abstract: The purpose of the work is to develop a wastewater treatment project for Eastern Petrochemical Terminal LLC, subject to an increase in the terminal's production capacity. The scope of the wastewater treatment project is enterprises that receive liquid chemical and petrochemical cargoes, which are delivered by rail to the tank farm for temporary storage for the purpose of further shipment to sea transport. Wastewater quality control for such enterprises is an important component of economic and production activities in order to ensure the environmental safety of the environment and follow the basic laws in force in this area. An overview of the main equipment required for a wastewater treatment system was carried out. In the course of the study, information is provided on the components of the system for treating storm, flushing, and commercial wastewater, such as grids, sand traps, and a flotation unit. The calculation of the throughput capacity of the industrial-rain sewerage is carried out. A possible technological scheme of the system is given. We point out that such a decision is timely in order to preserve the quality of the environment.*

*Key words: petrochemical industry, monitoring, treatment systems, industrial ecology, waste water*

For citation: Bocharova V.V., Kulikova V.V., Dovgan S.V., Mutovkin Y.M. Engineering the wastewater transmission system of Vostchy petrochemical terminal, LLC // Astrakhan Bulletin of Ecological Education. 2022, №4 (70):75-82 DOI 10.36698/2304-5957-2022-4-75-82

## **Введение**

Нефтебазой называют территорию, которую выделили для хранения и перераспределения различных видов углеводородов. При приемке, хранении, отпуске и т.д. нефтепродуктов возможны проливы. Если нефтебаза не оснащена системой сбора и накопления, то углеводороды могут загрязнить поверхность земли. Во время атмосферных осадков образуются сточные воды, которые могут быть загрязнены нефтепродуктами. Для их сбора зачастую используется ливневая канализация.

Большинство продуктов нефтехимической промышленности могут растворяться в воде, что приводит к попаданию в водные растворы огромного спектра загрязняющих веществ, что отрицательно влияет на биоту. Таким образом, наблюдается колоссальная концентрация нефтепродуктов в сточных водах нефтебаз.

Подтоварные воды нефтебазы – одни из сильных загрязнителей, содержащие взвешенные, органические вещества, нефтепродукты и другие загрязнения. Все поллютанты, наносящие вред окружающей среде могут находиться в стоках, их необходимо удалять. С этой целью проводят комплексную очистку, подразумевающую очистку разного характера загрязнений.

Согласно приказу Министерства сельского хозяйства РФ № 552 от 13 декабря 2016 г., все очищенные стоки должны соответствовать заданным нормативам [1]. В этом случае крайне важно подобрать соответствующие очистные сооружения, очищающие весь объём сточных вод до нормативных значений, таким образом, избежать вреда окружающей среде и обеспечить очистку сточных вод высокого качества.

## **Материал и методика исследования**

Использовались методы: наблюдение, сравнение, анализ, обобщение, эксперимент (апробация), методы индукции и дедукции, личный опыт. В качестве объекта исследования был выбран ООО «Восточный Нефтехимический Терминал» в г. Находке, располагающийся на полуострове Трудный. Водная и наземная геосферные оболочки города богаты рекреационными ресурсами, уникальны сочетаниями разных форм рельефа, представлено редкое сочетание флоры и фауны (многие виды занесены в Красные книги России и Приморского края). Соответственно вопрос защиты и сохранения генофонда территории, на которой производится деятельность в виде приёма, хранения и отгрузки жидких химических и нефтехимических грузов является актуальным.

## **Результаты исследования и их обсуждение**

ООО «Восточный Нефтехимический Терминал» служит для приёма жидких химических и нефтехимических грузов, которые поступают железнодорожным транспортом в резервуарный парк для временного хранения с целью дальнейшей отгрузки на морской транспорт.

До недавнего момента исследуемое предприятие имело:

- площадь терминала 4,4 га;
- количество причалов 1;
- длина причального фронта 206 м;
- пропускная способность 1 300 тыс. тонн в год.

В текущее время происходит строительство дополнительного причала (причал № 38) и увеличение резервуарного парка с целью увеличения грузооборота предприятия. В таблице 1 представлены предполагаемые объёмы реализации продуктов.

**Таблица 1. Проектируемый товарооборот**  
**Table 1. Projected turnover**

| Наименование продукта | Реализуемый объем,<br>млн. т. | Проектируемый объем,<br>млн. т. | Всего, млн. т. |
|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------|
| Светлые нефтепродукты | 0,8                           | 1,2                             | 2,0            |
| – нефтя               | 0,4                           | 0,6                             | 1,0            |
| – ТМС                 | 0,4                           | 0,6                             | 1,0            |
| Газовый конденсат     | 0                             | 1,0                             | 1,0            |
| Метанол               | 0                             | 1,0                             | 1,0            |
| Итого                 | 0,8                           | 3,2                             | 4,0            |

В текущее время происходит строительство дополнительного причала и увеличение резервуарного парка с целью увеличения грузооборота предприятия. Исходя из этого, необходимо предусмотреть систему сбора и очистки вод, соответствующую новому объему грузооборота.

Чтобы соблюсти стандарты экологической безопасности, на территории предприятия необходимо предусмотреть производственно-дождевую канализацию для приема таких вод:

- производственные воды от систем охлаждения насосов продуктовых насосных станций, лабораторий, смыва площадок со сливо-наливными устройствами, полов в продуктовых насосных станциях и др.;
- подтоварные воды из резервуаров;
- дождевые и талые воды с открытых площадок устройств слива/налива, обвалованной площадки резервуарного парка и других мест, где возможно загрязнение нефтепродуктами;
- воды от охлаждения резервуаров при пожаре.

После сбора вод их необходимо очистить, для этого на территории предприятия нужно предусмотреть очистную систему.

Очистку сточных вод морских перевалочных нефтебаз производят по следующей схеме. Первично сточные воды нефтебазы попадают в буферные резервуары для усреднения их качества и выравнивания подачи на очистные сооружения. В буферные резервуары отправляются также балластные и подсланевые воды с танкеров. В них происходит отстаивание, при котором выделяется до 90-95% плавающих нефтепродуктов, что значительно снижает концентрацию нефти в воде. Затем гидрофильную эмульсию, отделенную от основного объема нефтепродуктов, направляют для последующей очистки на установку. Очищенную воду направляют в море.

Перед выпуском вод в акваторию залива, их качество должно соответствовать нормам, соответствующим в таблице 2.

**Таблица 2. Нормативные требования к промышленным стокам перед выпуском [1]**  
**Table 2. Regulatory requirements for industrial effluents before discharge [1]**

| Показатели   | Единицы измерения   | Вода, исп. для мойки | Для рыбохозяйственных водоемов |
|--|---------------------|----------------------|--------------------------------|
| Температура  | °С                  | Не нормируется       | не более 28                    |
| Взвешенные вещества  | мг/л                | 25                   | 0,25                           |
| Нефтепродукты  | мг/л                | 15                   | 0,05                           |
| Эфирорастворимые   | мг/л                | до 3                 | -                              |
| Запах  | балл                | 7,2-8,5              | не допускается                 |
| рН   | -                   | -                    | 6,5- 8,5                       |
| Жесткость карбонатная  | °Ж                  | до 10                | -                              |
| Щелочность общая   | мг/л                | до 350               | 8                              |
| Cl (хлориды)   | мг/л                | до 500               | 350                            |
| SO <sub>4</sub> (сульфиды)   | мг/л                | до 0,1               | 0,03                           |
| Свинец   | мг/л                | 0,03                 | 0,01                           |
| Окисляемость   | мгО/л               | до 15                | до 10                          |
| БПК  | мгО <sub>2</sub> /л | до 15                | 3                              |
| Мешающие, токсичные, возгораемые вещества, выдерживаемые при т-ре с образованием огня и взрывоопасных смесей | -                   | не допускается       | не допускается                 |

### 1.1. Расчет пропускной способности промышленной дождевой канализации.

Сточные воды от промышленных зданий и сооружений должны включать следующую оценку объёма:

- подтоварные воды от одного из крупнейших резервуаров;
- дождевые воды с открытых площадок сливных/наливных устройств;
- дождевые воды с обвалованной площадки резервуарного парка.

Расчетный расход дождевой воды с обвалованной площадки резервуарного парка или воды при охлаждении резервуаров во время пожара определяется при регулируемом сбросе, исходя из требований отведения этих вод с обвалованной площадки парка в течение двух суток.

Для гидравлического расчета трубопроводов расход дождевых вод определен по СП 32.13330.2012 с использованием формулы (1) [2]:

$$q_{\gamma} = \frac{Z_{mid} \cdot A^{1,2} \cdot F}{t_p^{1,2n-0,1}}, \quad (1)$$

$$A = q_{20} \cdot 20^n \cdot 1 + \frac{lgP \cdot \gamma}{lgm_{\gamma}} \quad (2)$$

$$t_p = 0,017 \sum \frac{l_p}{V_p} \quad (3)$$

где  $Z_{mid}$  – среднее значение коэффициента, характеризующего поверхность бассейна стока,  $Z_{mid} = 0,32$ ;

$A$  – коэффициент, определяемый по формуле (2);

$F$  – расчетная площадь стока, га;

$n$  – показатель степени, определяемый по требованиям,  $n = 0,48$ ;

$q_{20}$  – интенсивность дождя, л/с на 1 га, для данной местности продолжительность 20 мин при  $P = 1$  год, определяемая по требованиям  $q_{20} = 70$ ;

$m_\gamma$  – среднее количество дождей за год,  $m_\gamma = 120$ ;

$P$  – период однократного превышения расчетной интенсивности дождя,  $P = 0,5$ ;

$t_p$  – время однократного превышения расчетной интенсивности дождя, рассчитывается по формуле (3).

Согласно расчётам, получаем:

$$t_p = 0,017 \cdot \frac{76}{74} = 1,75 \text{ мин}$$

$$A = 70 \cdot 20^{0,48} \cdot 1 + \frac{\lg 0,5 \cdot 380}{\lg 120} = 239,7$$

$$q_r = \frac{0,32 \cdot 239,7^{1,2} \cdot 12}{1,75^{1,2} \cdot 0,48 - 0,1} = 211 \text{ л/с.}$$

Расчетный расход вод для гидравлического расчета дождевых сетей рассчитываем согласно формуле (4):

$$Q_{cal} = \beta \cdot q_r, \quad (4)$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий заполнение свободной емкости, сети в момент возникновения напорного режима,  $\beta = 0,75$ .

Тогда получим:

$$Q_{cal} = 0,75 \times 211 = 158,25 \text{ л/с.}$$

Суточный объем дождевых стоков рассчитываем, согласно формулы (5):

$$W_{д^{сут}} = 10 \times H_{сут} \times \Psi_d \times F, \quad (5)$$

где  $H_{сут}$  – максимальный слой осадков за сутки для г. Находка,  $H_{сут} = 96$  мм;

$\Psi_d$  – коэффициент стока для водонепроницаемой поверхности,  $\Psi_d = 0,56$ ;

$F$  – площадь в га.

Согласно расчетам, получаем:

$$W_{д^{сут}} = 10 \times 96 \times 0,56 \times 12 = 6\,451,2 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Годовой объем дождевых стоков рассчитывается по формуле (6):

$$W_{общ^{год}} = W_{д^{год}} + W_{т^{год}}, \quad (6)$$

$$W_{д^{год}} = 10 \times H_{д^{год}} \times \Psi_d \times F \quad (7)$$

$$W_{т^{год}} = 10 \times H_{т^{год}} \times F \times K \quad (8)$$

где  $W_{д^{год}}$  – объем дождевых стоков за год, рассчитывается по формуле (7);

$H_{д^{год}}$  – средний слой осадков за год в теплый период для г. Находка,  $H_{д^{год}} = 379$  мм;

$W_{т^{год}}$  – объем талых вод за год, рассчитывается по формуле (8);

$K$  – коэффициент, учитывающий вывоз и окучивание снега,  $K = 0,6$ ;

$H_{т^{год}}$  – средний слой осадков за год в холодный период,  $H_{т^{год}} = 195$  мм.

Согласно расчетам, получаем:

$$W_{т^{год}} = 10 \times 195 \times 12 \times 0,6 = 14\,040 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$W_{д^{год}} = 10 \times 379 \times 0,56 \times 12 = 25\,468,8 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$W_{общ^{год}} = 14\,040 + 25\,468,8 = 39\,508,8 \text{ м}^3/\text{год}.$$

1.2. Представим компоненты системы очистки ливневых, смывочных, подтоварных сточных вод.

1.2.1. Решетки-сетки. После отстаивания и усреднения сточные воды проходят первый механический этап очистки. Суть этого этапа в том, что загрязненная вода, проходя через решетки-сетки, очищается от взвешенных веществ. Схема решетки-сетки указана на рисунке 1.

Решетки представляют собой прямоугольную раму с приваренными к ней стальными круглыми прутьями, параллельно расположенными с зазором не более 16 мм. Нерастворимый в воде мусор остается на решетке, далее его помещают в шламохранилище.

После решетки наступает очередь сетки, размеры ячеек которой составляют 10мм×10мм. Осадок, образующийся на сетке, удаляется вручную и также помещается в шламохранилище.

Накопленный шлам отправляется на утилизацию.

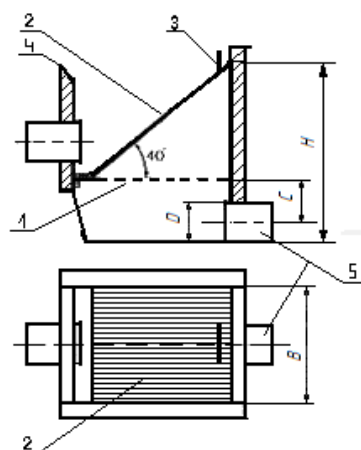
Таким образом, происходит двухступенчатая очистка сточных вод. Максимальная производительность первого этапа составляет 15 м<sup>3</sup>/час.

По данным предприятия до очистки в сточных водах в среднем:

- взвешенных веществ: 3000 мг/л;
- всплывающих веществ: 2000 мг/л.

После прохождения механической этапа очистки, согласно опыту подобных предприятий:

- взвешенных веществ: 2500 мг/л;
- всплывающих веществ: 1900 мг/л.



1 – сетка; 2 – решетка; 3 – ручка для подъема решетки; 4 – приемок для стекания воды; 5 – канализационный трубопровод

Рис. 1. Решетка – сетка  
Fig. 1. Grating grid

1.2.2. Песколовка. Пескоуловители или песколовки являются железобетонными прямоугольными конструкциями для очистки сточных вод от песка и других нерастворимых загрязняющих веществ [3]. Этот элемент очистительной системы состоит из двух секций: потоковой и оседающей. В первой: вода движется по прямолинейной траектории, во второй: оседает минеральный и органический мусор размером 0,2-0,25 мм. На рисунке 2 представлена схема данной конструкции.

Ориентировочная размеры: глубина –  $H = 0,5$  м; ширина –  $B = 1$  м. Песок оседает во второй секции в свободном ламинарном режиме.

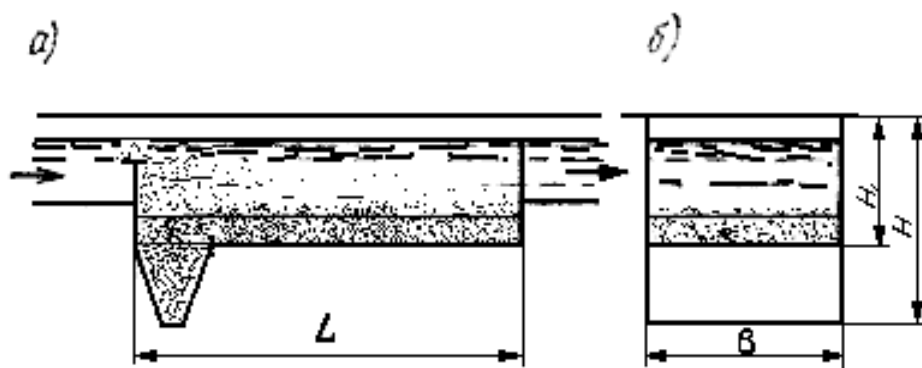
На входе в пескоуловитель вода может содержать:

- тяжелые механические примеси – 2500 мг/л;
- всплывающие нефтепродукты – 1900 мг/л.

После прохождения сточных вод через данный этап очистки, согласно опыту подобных предприятий, концентрация следующая:

- механические примеси – 700 мг/л.;

– нефтепродукты – 1000 мг/л.



а) продольный разрез; б) поперечный разрез.

**Рис. 2. Горизонтальная песколовка**

**Fig. 2. Horizontal sand trap**

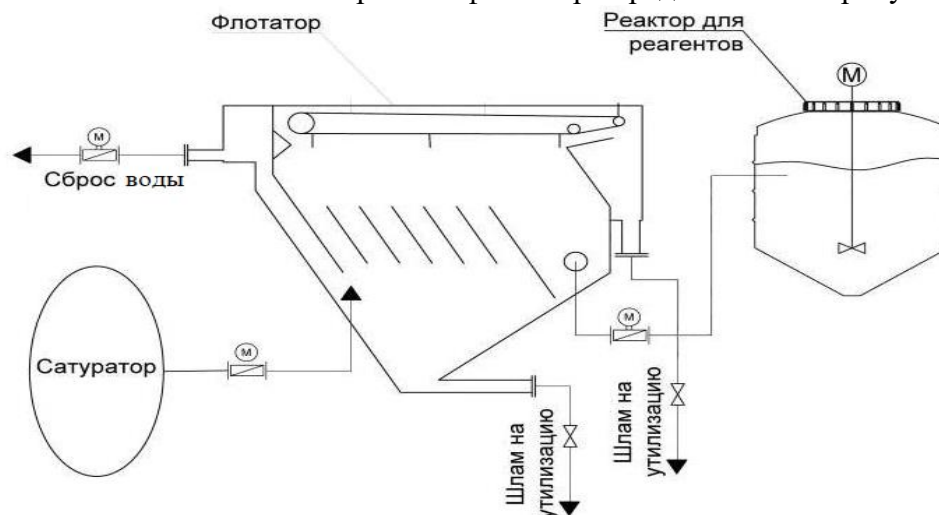
Осевшие примеси удаляются вручную в шламохранилище, затем утилизируют [4].

1.2.3. Флотационная установка. Для более глубокой очистки добавляют флотатор или флотационную установку, которая представляет собой устройство, предназначенное для удаления мелких примесей из воды физико-химическими методами.

Принцип работы флотационного устройства основан на пропускании пузырьков воздуха через очищаемую среду с образованием пены. Эта пена называется флотационным осадком, который удаляется и направляется для дальнейшей утилизации.

Для лучшей очистки в водный раствор добавляют реагенты: флокулянты и коагулянты. Реагент увеличивает адгезию загрязняющих частиц и облегчает их прилипание к пузырькам.

Полная технологическая схема работы флотатора представлена на рисунке 3.



**Рис. 3. Технологическая схема флотационного устройства**

**Fig. 3. Technological scheme of the flotation device**

Данный этап очистки является заключительным.

### **Выводы**

Одним из аспектов защиты окружающей среды от техногенного воздействия предприятий нефтехимического комплекса является очистка сточных вод предприятий. Важно произвести верные расчеты и правильный подбор оборудования для результативной работы систем очистки. Благодаря этому возможно обеспечить минимизацию негативного

воздействия предприятий комплекса на водные ресурсы, и в целом улучшить экологическую ситуацию в регионе и стране.

#### Литература

1. Приказ Министерства сельского хозяйства РФ (с изменениями и дополнениями) от 13 декабря 2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменениями на 10 марта 2020 года) [Электронный ресурс] // БД Гарант. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/71586774/>
2. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 (с Изменениями № 1, 2) [Электронный ресурс] // БД Электронный фонд правовой и нормативной документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200094155>
3. Яковлев, С.В. Очистка производственных сточных вод: учеб.пособие/ Яковлев, С.В., Карелин Я. А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. – М.: Строиздат, 2009г. – 58с.
4. Родионов, А.И. Защита биосферы от промышленных выбросов: учеб. Пособие/ А.И. Родионов, Ю.П. Кузнецов, Г.С. Соловьев. – М.: «Химия», «КолосС», 2015г. – 392с.

#### References

1. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation (as amended and supplemented) of December 13, 2016 № 552 "On approval of water quality standards of water bodies of fishery importance, including standards for maximum permissible concentrations of harmful substances in waters of water bodies of fishery importance" (as amended on March 10, 2020) [Electronic resource] // Garant DB. - Access mode: <https://base.garant.ru/71586774/> (in Russian).
2. SP 32.13330.2012 Sewage. External networks and structures. Revised edition of SNiP 2.04.03-85 (as amended № 1, 2) [Electronic resource] // DB Electronic fund of legal and regulatory documents. - Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/1200094155> (in Russian).
3. Yakovlev, S.V. Industrial wastewater treatment: Textbook / Yakovlev, S.V., Karelin YA, Laskov YuM, Voronov YuV - M.: Stroizdat, 2009. - 58с. (in Russian).
4. Rodionov A.I. Protection of the biosphere from industrial emissions: textbook / A.I. Rodionov, Yu.P. Kuznetsov, G.S. Soloviev - Moscow: «Chemistry», «KolosS», 2015. - 392с. (in Russian).