

УДК 628.3:504,06

**Д. О. Игнаткина, А. А. Геращенко, А. П. Поздняков, А. В. Дорочинская,  
В. В. Шмарова, М. В. Тарасов, А. П. Губаревич**

*Волгоградский государственный технический университет*

## **ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

Рассмотрены актуальные вопросы эколого-экономического обоснования предлагаемых технических решений по внедрению различных очистных сооружений на промышленных предприятиях, являющихся загрязнителями окружающей среды. На примере разработанной конструкции комбинированного инженерно-технического устройства, предназначенного для локальной очистки стоков промышленного предприятия пищевой промышленности, произведен библиографический анализ и поиск наиболее доступных методик комплексной оценки эколого-экономической эффективности предлагаемых решений. Представлены результаты расчетов, позволяющие сделать вывод об общем размере предотвращенной платы за негативное воздействие на работу централизованной системы водоотведения, а также прогноз, касающийся рентабельности и сроков окупаемости разработанной к внедрению технологии.

**Ключевые слова:** промышленное предприятие, сточные воды, локальная очистка, устройство для очистки, эколого-экономическое обоснование, нормативные документы, окупаемость, рентабельность.

Эколого-экономические методы охраны водных ресурсов заключаются в создании механизмов, стимулирующих водоохранную деятельность, поиск путей снижения затрат для достижения желаемого состояния окружающей среды и ее отдельных компонентов.

В настоящее время правительство Российской Федерации (РФ) все чаще обращается к вопросам экологии [1, 2]. Требования к предприятиям-загрязнителям становятся жестче<sup>1</sup>. Таким образом, возникает естественная потребность установки различных очистных сооружений для того, чтобы соответствовать требованиям нормативных документов по объему выбросов [2—4]. Эколого-экономическая эффективность в общем виде определяется как соотношение между результатами от применения природоохранного мероприятия (оборудования очистки) и затратами на его осуществление [5—7].

Авторами статьи рассматривается один из положительных примеров, достигнутый при внедрении эффективной локальной системы очистки сточных вод (СВ) промышленного предприятия в соответствии с действующими федеральными нормативами, учитывающими как экологические, так и экономические аспекты.

В качестве объекта исследования приняты СВ, образующиеся на предприятии относящегося к пищевой отрасли промышленности — табачной индустрии. Главной особенностью этих СВ является сложный многокомпонентный состав с высоким содержанием органических загрязнений [8, 9].

---

<sup>1</sup> Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации. Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 № 644 (ред. 10.10.2023). URL: <https://erzrf.ru/news/izmeneniya-v-pravilakh-kholodnogo-vodosnabzheniya-i-vodootvedeniya?ysclid=ltlb8hns2888163407>.

Их поступление в городскую канализационную сеть способствует заиливанию трубопроводов, нарушению кислородного режима и изменению микрофлоры, что, в свою очередь, приводит к снижению эффективности биологической очистки на городских канализационных очистных сооружениях [10, 11]. Основные источники образования промышленных СВ предприятия табачной индустрии и их химических состав представлены в табл. 1.

Из представленных данных видно, что основная доля загрязняющих веществ образуется в двух производственных процессах [1, 4]:

1) при работе линий ESS и CRES, где происходит подготовительный этап обработки исходного сырья (табачной жилки), сопровождающийся такими технологическими операциями как дробление, просеивание, очищение от металлических примесей, обработка перегретым паром, расщепление, увлажнение и нанесение специальных добавок, улучшающих физические и вкусовые свойства табака;

2) в сигаретном цехе, куда полностью подготовленный табак с помощью транспортеров подается на сигаретные машины для производства табачных изделий.

Авторами проведены многочисленные исследования [1, 4, 11—16], касающиеся поиска наиболее эффективного сочетания существующих способов очистки и применяемых при этом рабочих параметров обработки СВ рассматриваемой табачной фабрики (ТФ), позволяющих извлекать загрязняющие компоненты до допустимых значений. Результат исследований позволил разработать комбинированное инженерно-техническое устройство — электролизер-адсорбер (рис. 1) [16—19]. Принцип работы устройства следующий:

1) после предварительной механической очистки загрязненная жидкость из бака накопителя подается через штуцер 3 в электролизер-адсорбер, в зависимости от производительности устройства насосом задается скорость подъема водяного столба через перфорированные пластины электродов 9, где происходит электрохимическая обработка СВ;

2) при достижении СВ, прошедшими электрохимическую очистку, заданного уровня, они через штуцер 11 поступают в первую камеру двухкамерного адсорбера 10, заполненного сорбционным материалом (гранулированный композитный сорбент (ГКС)) [20—22]. Затем через переливное отверстие 12 вода нисходящим потоком попадает во вторую камеру, где при достижении заданного уровня она сливается через кран слива очищенной воды 13;

3) флотационная пена с помощью скребкового механизма 15 отводится в приемник флотошлама; флотационный шлам перекачивается на обработку через кран для перекачки флотошлама 23;

4) в процессе эксплуатации установки неизбежно происходит выделение газообразных и мелкокристаллических видов осадков, скопившиеся газы отводятся через расположенный в крышке электролизера газоотводный патрубок 24, а накопившийся осадок удаляется путем промывки устройства с помощью крана 1.

Описанные конструкция и технология очистки СВ на рассматриваемой ТФ были взяты за основу для проведения расчетов по оценке эколого-экономических показателей, которых можно достичь в результате внедрения предлагаемых технических решений.

Таблица 1

Усредненные показатели химического состава СВ, образующихся на предприятиях табачной индустрии РФ за период 2019—2022 гг.

Места отбора проб (категория СВ) Наименование показателей	*ДК	**ФК	ДК	ФК	ДК	ФК	ДК	ФК	ДК	ФК
	№1 — линии ESS и CRES		№2 — бытовые табачного цеха		№3 — сигаретный цех		№4 — быт. по- мещ. + лаб. корпус		№5 — выход с фабрики	
	Производственные		Хоз.-бытовые		Производственные		Хоз.-бытовые		Смешанные	
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	300	153	300	22	300	242	300	38	300	181
БПК <sub>полн.</sub> , мг·О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	300	1410	300	59	300	543	300	244	300	1856
ХПК, мг·О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	500	2455	500	97	500	824	500	373	500	2830
Железо (общ.), мг/дм <sup>3</sup>	5	0,12	5	0,18	5	0,23	5	0,15	5	0,2
Жиры, мг/дм <sup>3</sup>	50	5,7	50	1,69	50	2,78	50	4,3	50	5,9
Аммоний (NH <sub>4</sub> ), мг/дм <sup>3</sup>	25	44,11	25	8,08	25	48,35	25	12,77	25	32,5
Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	10	0,59	10	0,44	10	0,62	10	0,42	10	0,94
АПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	10	23,6	10	6,4	10	24,8	10	30,2	10	21,8
Фосфаты, мг/дм <sup>3</sup>	12	< 0,05	12	0,66	12	0,85	12	0,14	12	0,56
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	300	83	300	71	300	78	300	77	300	75
Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	3000	920	3000	160	3000	782	3000	162	3000	834
Прокаленный остаток, мг/дм <sup>3</sup>	—	250	—	217	—	229	—	220	—	225
pH	6...9	6,1	6...9	7,75	6...9	8,8	6...9	7,2	6...9	6,69

Примечание. \*ДК — максимальные допустимые концентрации загрязняющих веществ в сточных водах, допущенных к сбросу в центральную систему водоотведения, мг/л, согласно, приняты согласно постановлению Правительства РФ № 644 (ред. от 10.10.2023); \*\*ФК — фактическая концентрация

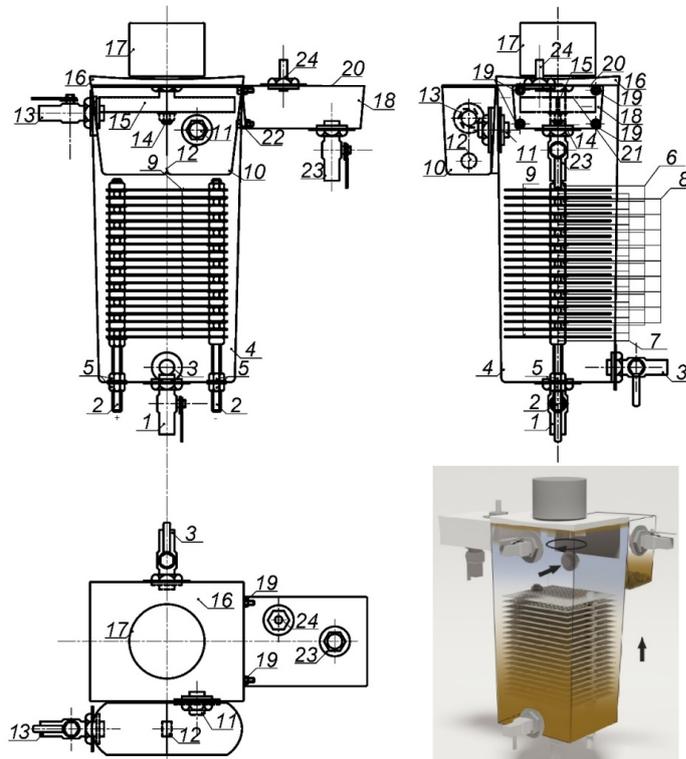


Рис. 1. Электролизер-адсорбер для очистки СВ ТФ: 1 — кран для промывки устройства; 2 — направляющие контактные шпильки; 3 — штуцер подачи СВ; 4 — корпус устройства; 5 — гайки крепления контактных направляющих шпилек в корпусе установки; 6 — контактные гайки крепления пластин электродов; 7 — диэлектрические гайки крепления пластин электродов; 8 — диэлектрические прокладки; 9 — пластины электродов электролизера; 10 — адсорбер; 11 — штуцер для подачи в адсорбер СВ, прошедшей электрохимическую обработку; 12 — переливное отверстие адсорбера; 13 — кран слива очищенной воды; 14 — вал скребкового механизма; 15 — скребковый механизм выполненный в виде лопастной мешалки; 16 — крышка корпуса электролизера-адсорбера; 17 — редуктор скребкового механизма; 18 — приемник флотошлама; 19 — болты крепления к электролизеру-адсорберу приемника флотошлама; 20 — крышка приемника флотошлама; 21 — отверстие для подачи флотошлама в приемник флотошлама с помощью скребкового механизма, выполненного в виде лопастной мешалки, расположенной над поверхностью обрабатываемой жидкости; 22 — соединительная прокладка; 23 — кран для перекачки флотошлама; 24 — газотводный патрубок

Экологическая оценка производилась путем определения размера и порядка компенсации расходов организации водопроводно-канализационного хозяйства при сбросе абонентами СВ, оказывающих негативное воздействие на работу централизованной системы водоотведения в соответствии с утвержденными федеральными нормативами по методике, которая излагается в постановлении Правительства<sup>2</sup>. Экономическое обоснование описанных в настоящей статье технических решений определялось в соответствии с [23—25].

<sup>2</sup> См. Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации. Постановление Правительства РФ от 29.07.2013 № 644 (ред. 10.10.2023).

В качестве объекта исследования принята СВ, образующаяся на предприятии табачной индустрии, прошедшая предварительную механическую очистку. Содержание загрязняющих веществ в воде указаны в табл. 2. Расход СВ в среднем составляет  $5 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Расчетный период — 1 год.

Исчисление размера платы за негативное воздействие на работу централизованной системы водоотведения сбросом вредных (загрязняющих) веществ в составе СВ согласно утвержденных федеральных нормативов без учета налога на добавленную стоимость (НДС) в части превышения максимальных допустимых значений показателей и концентраций определяется:

$$\begin{aligned} \Pi = & ((\text{Макс}(Ki_1) + \text{Сумм}(Ki_2) + \text{Макс}(Ki_3) + \text{Сумм}(Ki_4) + \\ & + Ki_{\text{рн}} + Ki_T + Ki_{\text{лос}} + Ki_{\text{жиры}} + Ki_{\text{пхб}} + \text{Макс}(Ki_5)) TQ_{\text{пр}}, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $\Pi$  — размер платы за негативное воздействие на работу централизованной системы водоотведения, подлежащей уплате абонентом, без учета НДС, руб.;  $\text{Макс}(Ki_i)$  — максимальные из всех значений кратностей превышения фактической концентрации  $i$ -го загрязняющего вещества или фактического показателя свойств СВ абонента над максимальным допустимым значением концентрации  $i$ -го загрязняющего вещества или показателя свойств СВ (далее — кратность превышения ( $Ki$ ) по веществам (показателям), отнесенным к группе 1 согласно перечню, предусмотренному приложением № 5<sup>3</sup>, при этом кратность превышения ( $Ki$ ) определяется:

$$Ki = \left( \frac{\Phi K_i - \text{ДК}_i}{\text{ДК}_i} \right) K_{\text{в}}, \quad (2)$$

где  $\Phi K_i$  — фактическая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества или фактический показатель свойств СВ абонента, заявленные абонентом в декларации либо зафиксированные в контрольной пробе СВ абонента, отобранной организацией, осуществляющей водоотведение, на конкретном канализационном выпуске,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ;  $\text{ДК}_i$  — максимальное допустимое значение концентрации  $i$ -го загрязняющего вещества или показателя свойств СВ согласно перечню, предусмотренному Приложением № 5<sup>4</sup>,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ;  $K_{\text{в}}$  — коэффициент воздействия загрязняющего вещества или показателя свойств СВ согласно перечню, предусмотренному Приложением № 5 к настоящим Правилам.

$\text{Сумм}(Ki_2)$  — суммарные значения кратностей превышения ( $Ki$ ) по веществам (показателям), отнесенным к группе 2 согласно перечню, предусмотренному Приложением № 5;  $\text{Макс}(Ki_3)$  — максимальные из всех значений кратностей превышения ( $Ki$ ) по веществам (показателям), отнесенным к группе 3 согласно перечню, предусмотренному Приложением № 5;  $\text{Сумм}(Ki_4)$  — суммарные значения кратностей превышения ( $Ki$ ) по веществам (показателям), отнесенным к группе 4 согласно перечню, предусмотренному Приложением № 5;  $Ki_{\text{рн}}$  — значение кратности превышения ( $Ki$ )

<sup>3</sup> Там же.

<sup>4</sup> Там же.

по водородному показателю (рН), которое принимается равным соответствующему значению коэффициента воздействия указанного показателя свойств СВ согласно перечню, предусмотренному Приложением № 5;  $Ki_T$ ,  $Ki_{\text{лос}}$ ,  $Ki_{\text{жиры}}$ ,  $Ki_{\text{пхб}}$  — значения кратностей превышения ( $Ki$ ) соответственно по температуре, летучим органическим соединениям, жирам, полихлорированным бифенилам;  $\text{Макс}(Ki_s)$  — максимальные из значений кратностей превышения ( $Ki$ ) по веществам, отнесенным к группе 5 согласно перечню, предусмотренному Приложением № 5;  $T$  — тариф на водоотведение, действующий для абонента, без учета НДС, руб./м<sup>3</sup>;  $Q_{\text{пр}}$  — объем СВ, сброшенных абонентом через канализационный выпуск, определенный по показаниям прибора учета СВ либо в соответствии с балансом водопотребления и водоотведения в случаях, предусмотренных Правилами организации коммерческого учета воды, м<sup>3</sup>/год.

Расчет платы за сверхнормативный сброс загрязняющих веществ в централизованную систему водоотведения производился согласно утвержденным федеральным нормативам по формулам (1, 2) и представлен в табл. 2.

Таблица 2

Расчет платы за сверхнормативный сброс загрязняющих веществ в централизованную систему водоотведения

Перечень загрязняющих показателей	ФК	Данные для расчета платы за сверхнормативный сброс П		Объем СВ за расчетный период 1 год составляет 43 829 м <sup>3</sup> /год
		ДК	$K_i$	
Взвеш. вещества, мг/дм <sup>3</sup>	90	300	—	
БПК <sub>полн.</sub> , мг·О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	1670	300	35,80	
ХПК, мг·О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	2150	500	28,75	
Ионы аммония, мг/дм <sup>3</sup>	32,5	50	—	
АПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	21,8	10	17,27	

Плата за сверхнормативный сброс составит П = 29 075 062,87 млн руб.

*Примечание.* ДК,  $K_i$ , П рассчитаны на основании федеральных нормативов, установленных согласно постановлению Правительства РФ от 29.07.2013 № 644 (ред. от 10.10.2023)

В результате расчета получено, что общий размер предотвращенной платы за негативное воздействие на работу централизованной системы водоотведения сбросом вредных (загрязняющих) веществ в составе СВ, без учета НДС, в части превышения максимальных допустимых значений показателей и концентраций от внедрения технологической схемы сооружений очистки СВ на предприятии табачной индустрии с учетом федеральных нормативов составил 29 075 062,87 млн руб.

Таким образом, применение электроокислительно-сорбционного метода в разработанной технологии очистки СВ от органических и неорганических загрязнителей позволило довести их концентрации до допустимых согласно действующим нормативам, что сводит к нулю негативного воздействия на работу централизованной системы водоотведения.

Экономическое обоснование предлагаемых в статье технических решений, направленных на снижения негативного воздействия, возникающего от производственно-хозяйственной деятельности предприятия табачной индустрии, производилось в соответствии с [23—25] путем определения затрат, необходимых для их осуществления в следующей последовательности.

### Расчет капитальных затрат (КЗ)

К капитальным вложениям отнесены затраты на покупку и установку основного и дополнительного оборудования, затраты на его транспортировку, установку, наладку и пр. Расчет капитальных вложений для реализации электроокислительно-сорбционной технологии очистки СВ представлен в табл. 3.

Таблица 3

*Расчет капитальных вложений для реализации электроокислительно-сорбционной технологии очистки СВ.*

Капитальные затраты	Стоимость в тыс рублей
<b>Оборудование для производства ГКС</b>	
Смеситель сыпучих компонентов	150
Гранулятор	70
Муфельная печь	220
Пневмосушилка	80
Транспортеры ленточные	350
Фасовочно-упаковочный аппарат	340
Погрузчик	220
Бункеры и емкости	200
<b>Оборудование для изготовления электролизера-адсорбера</b>	
Гильотина для рубки металла	570
Пресс координато-пробивной	825
Электросварочное оборудование	80
Токарный станок	120
Сверлильный станок	35
Станок наждачный	8
Станок отрезной	21
Тали и лебедки электрические	90
Слесарное оборудование (в т. ч. верстаки слесарные — 3 шт., стол сварочный — 1 шт., тиски — 3 шт.)	150
Ручное электро-оборудование	50
<b>Дополнительные расходы, входящие в состав КЗ</b>	
Проектно-изыскательские работы	250
Экспертиза проекта	150
Аренда офисного и производственного помещений для организации опытно-промышленного производства (расчетный период — 1 год)	360
Закупка материалов (расчетный период — 1 год)	540
Строительно-монтажные работы	378
Монтаж оборудования	
Пуско-наладочные работы	80
Непредвиденные расходы	91

КЗ, необходимые для реализации предлагаемой технологии очистки СВ, составлены на основании средней стоимости закупаемого оборудования, с учетом дополнительных расходов, приведенных в табл. 3, и составляют 5428 тыс руб.

#### **Расчет эксплуатационных затрат (ЭЗ)**

В случае реализации предложенного метода эксплуатационные затраты, необходимые для функционирования новой технологии в водоохранной системе будут следующие.

**Транспортировка** (Тр) материала осуществляется грузовым транспортом. За год применения технологии с учетом средней вместимости грузового транспорта 14 т и затрат на горючие и смазочные материалы необходимая сумма на транспортировку приблизительно составит 420 тыс руб.

**Зарботная плата** (ЗП) сотрудникам — в связи с тем, что для сотрудников планируется система выплат заработной платы по временной премии, то данный вид затрат не учитывается.

**Амортизационные отчисления** (АО) при расчете экономического обоснования объектов очистных сооружений рассчитываются:

$$АО = 0,12 \cdot КЗ = 651,36 \text{ тыс руб./год.} \quad (3)$$

**Энергозатраты** (Эн) — в данном технико-экономическом обосновании по приближенным оценкам энергозатраты составят 101,6 тыс руб./год.

Суммарные эксплуатационные затраты за год:

$$ЭЗ = Тр + ЗП + АО + Эн, \quad (4)$$

составляют 1172,96 тыс руб./год.

#### **Определение приведенных затрат на водоохранные предприятия**

Этот показатель характеризует затраты, которые необходимо сделать для реконструкции и модернизации очистных сооружений, систем многократного использования отработавшей в технологии воды (оборотные, последовательные, повторные, замкнутые системы технического водоснабжения) для сокращения сброса загрязняющих веществ в водопроводно-канализационное хозяйство города. Сокращение сброса загрязняющих веществ в канализационную сеть города соответственно снизит ущерб, наносимый водопользователем водной экосистеме.

Показатель приведенных затрат ( $DЗ$ ) за год определяется:

$$DЗ = E \cdot КЗ + ЭЗ, \quad (5)$$

где  $E$  — нормативный коэффициент, принимаемый равным  $E = 0,12$ . Тогда

$$DЗ = 0,12 \cdot 5428 + 1172,96 = 1824,32 \text{ тыс руб/год.}$$

#### **Определение предотвращенного водоохранными мероприятиями ущерба и годового экономического эффекта**

Величина чистого экономического эффекта определяется как разница между годовым экономическим результатом водоохранных мероприятий ( $Эр$ ) и приведенными затратами:

$$DU = Эр - DЗ. \quad (6)$$

За годовой экономической результат водоохранных мероприятий принимается размер предотвращенной платы ( $\Pi$ ), рассчитанной на основании утвержденных региональных и федеральных нормативов за негативное воздействие на работу централизованной системы водоотведения сбросом вредных (загрязняющих) веществ в составе СВ, без учета НДС, в части превышения максимальных допустимых значений показателей и концентраций от внедрения технологической схемы сооружений очистки СВ на предприятии табачной индустрии, которая составляет 29 075 062,87 млн руб., сюда так же следует включить показатель прироста ранее упущенной выгоды ( $\Pi_{\text{рув}}$ ). Данная величина определяется по формуле 7:

$$\mathcal{E}_p = \Pi + \Pi_{\text{рув}}. \quad (7)$$

$\Pi_{\text{рув}}$  включает: получение дополнительной продукции (дополнительной прибыли); уменьшение годовых издержек у водопользователя от улучшения качества воды водного объекта в результате проведения водоохранных мероприятий; дополнительные поступления в бюджеты всех уровней. В экспертных оценках этот показатель принимается в размере 10 % от  $\Pi$ . Тогда значение показателя прироста ранее упущенной выгоды составит:

$$\Pi_{\text{рув}} = 0,1 \cdot \Pi = 0,1 \cdot 29\,075\,062,87 = 2\,907\,506,29 \text{ млн руб./год.}$$

Таким образом, годовой экономической результат от разработанных водоохранных мероприятий, рассчитанный по формуле (7), составляет:

$$\mathcal{E}_p = 29\,075\,062,87 + 2\,907\,506,29 = 31\,982\,569,16 \text{ млн руб./год.}$$

Экономический эффект от внедрения предлагаемой технологии в соответствии с формулой (6) будет равен:

$$DU = 31\,982\,569,16 - 1\,824\,320 = 30\,158\,249,16 \text{ млн руб./год.}$$

Срок окупаемости ( $T$ ) капитальных вложений в водоохранные мероприятия рассчитывается по формуле 8:

$$T = \frac{K_3}{DU}, \quad (8)$$

$$T = \frac{5428}{30158,25} \approx 2 \text{ мес.}$$

Таким образом, основным критерием, характеризующим выбор тех или иных новых подходов к очистке СВ, является эффективность природоохранных мероприятий с использованием методов по эколого-экономическому обоснованию проектов. Это позволяет проводить комплексную оценку снижения техногенного влияния предприятий на окружающую среду и уменьшения затрат за счет уменьшения налагаемых штрафов. Полученные показатели эколого-экономической эффективности предлагаемой авторами электроокислительно-сорбционной очистки свидетельствуют, что технология является рентабельной и обладает значительным экономическим эффектом, проект достаточно быстро окупаем и целесообразен для внедрения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Игнаткина Д. О., Юрьев Ю. Ю., Москвичева Е. В., Геращенко А. А.* Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности: монография. Волгоград : Изд-во ВолГТУ, 2021. 135 с.
2. *Пупырев Е. И.* Выбор технологии очистки воды в современных экономических условиях // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 12. С. 29—35.
3. *Bressan M.* Improved combined chemical and biological treatments of olive oil mill waste waters // Journal of Agricultural & Food Chemistry. 2004. Vol. 52. Iss. 5. Pp. 1228—1233.
4. *Игнаткина Д. О.* Разработка технологии очистки многокомпонентных сточных вод предприятия табачной промышленности: автореф. дис. канд. тех. наук. Пенза, 2019. 24 с.
5. *Mavrov V., Beleires E.* Reduction of Water Consumption and Wastewater Quantities in The Food Industry by Water Recycling using Membrane Processes // Desalination. 2000. Vol. 131. Pp. 75—86.
6. Экология и безопасность жизнедеятельности / Д. А. Кривошеин, Л. А. Муравей, Н. Н. Роева, О. С. Шорина, Н. Д. Эриашвили, Ю. Г. Юровицкий, В. А. Яковлев. М. : ЮНИТИ-ДИАНА, 2000. 447 с.
7. Экономичная водоподготовка // Пищевая промышленность. 2000. № 10. С. 75.
8. *Ignatkina D. O., Shevcova I. M., Telyatnikova V. S., Kotlomina D. V.* Theoretical and practical aspects of the waste water electrochemical purification method's applicability // IV International Scientific Conference: Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development. 2021. Vol. 281. 8 p.
9. Выбор оптимальной технологии локальной очистки сточных вод на примере предприятия табачной промышленности / Д. О. Игнаткина, А. А. Геращенко, А. П. Поздняков, Е. В. Федулова, Д. В. Котломина, Ю. Ю. Юрьев // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2021. Вып. 2(83). С. 84—96.
10. *Ignatkina D. O., Telyatnikova V. S., Gerashchenko A. A., Vlasova O. S.* Prospects for the use of multipurpose engineering devices for wastewater treatment at industrial enterprises // IV International Scientific Conference: Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development. 2021. Vol. 281. 10 p.
11. Перспективы использования электрохимических способов очистки сточных вод для достижения различных нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ / Д. О. Игнаткина, А. В. Москвичева, А. А. Геращенко, В. С. Телятникова, А. Ю. Гильгенберг, Д. В. Котломина // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2021. Вып. 3(84). С. 46—60.
12. *Ignatkina D. O., Batmanov V. P., Belogorodskaya M. Yu., Gizatova G. L.* Innovative solutions to improve the purification method of chromium-containing waste water // Materials Science and Engineering: International Scientific Conference: Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development. Vol. 1083. 6 p. DOI: 10.1088/1757—899X/1083/1/012092.
13. *Ignatkina D. O., Telyatnikova V. S., Meshcheryakova Ya. V., Gizatova G. L.* On the issue of disposal of waste sorption material as an additive in new products' manufacturing // IV International Scientific Conference: Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development. 2021. Vol. 281. 6 p.
14. Очистка промышленных сточных вод с использованием многоцелевых инженерно-технических устройств / Д. О. Игнаткина, Е. В. Москвичева, Ю. Ю. Юрьев, И. М. Шевцова, В. С. Телятникова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2021. Вып. 3(84). С. 61—72.
15. *Игнаткина Д. О., Войтюк А. А., Геращенко А. А., Салеева В. И.* Экспериментальная оценка эффективности адсорбции многокомпонентных загрязнений с использованием органобентонитового сорбента // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2020. № 4(34). С. 28—33.
16. Устройство для очистки сточных вод от многокомпонентных загрязнений: пат. 178983 РФ, МПК С02F 9/06 (2006.01) / Д. О. Игнаткина, А. А. Войтюк, А. В. Москвичева, Е. В. Москвичева, И. В. Селиверстов. Волгоград : ВолГТУ, 2018.
17. *Войтюк А. А., Игнаткина Д. О., Москвичева А. В.* Устройство для очистки сточных вод от многокомпонентных загрязнений для промышленных предприятий: пат. 198750 РФ, МПК С02F 9/06. Волгоград : ВолГТУ, 2020.

18. *Игнаткина Д. О., Войтюк А. А., Москвичева А. В.* Способ очистки многокомпонентных сточных вод: пат. 2753906 РФ, МПК C02F 9/06. Волгоград: ВолГГТУ, 2021.
19. *Moskvicheva A. V., Ignatkina D. O., Moskvicheva E. V., Lebedev D. N.* A combination machine for industrial wastewater purification // *Materials Science and Engineering: The International Scientific Conference: Construction and Architecture: Theory and Practice for the innovation Development*. 2019. Vol. 698. 6 p.
20. Игнаткина Д. О., Войтюк А. А., Москвичева А. В., Котовчихина Е. А. Эффективность применения композитных сорбционных материалов в технологии доочистки многокомпонентных сточных вод // *Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура*. 2021. № 1(16). С. 39—49.
21. *Ignatkina D. O., Moskvicheva E. V., Vojtyuk A. A.* Composite Sorbent Filter Material on the Basis of Man-Caused and Minerals // *Materials Science Forum*. 2019. Vol. 945. Pp. 983—987.
22. Способ получения сорбента для очистки сточных вод от многокомпонентных загрязнений: пат. 2644880 РФ, МПК B01J 20/24 (2006.01) / Д. О. Игнаткина, А. А. Войтюк, А. В. Москвичева, Е. В. Москвичева, А. А. Геращенко. Волгоград: ВолГГТУ, 2018.
23. *Быстраков Ю. И., Колосов А. В.* Экономика и экология. М.: Агропромиздат, 1988. 2004 с.
24. *Маркин В. Н., Федоров С. А.* Эколого-экономическая оценка водных объектов: учеб. пособие. М.: Изд-во РГАУ—МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. 128 с.
25. *Теслюк Л. М., Румянцева А. В.* Оценка эффективности инвестиционного проекта. Екатеринбург: УрФУ, 2014. 141 с.

© *Игнаткина Д. О., Геращенко А. А., Поздняков А. П., Дорочинская А. В., Шмарова В. В., Тарасов М. В., Губаревич А. П., 2024*

*Поступила в редакцию  
в январе 2024 г.*

*Ссылка для цитирования:*

Эколого-экономическая эффективность применения локальной системы очистки сточных вод на промышленных предприятиях / Д. О. Игнаткина, А. А. Геращенко, А. П. Поздняков, А. В. Дорочинская, В. В. Шмарова, М. В. Тарасов, А. П. Губаревич // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура*. 2024. Вып. 1(94). С. 151—162. DOI: 10.35211/18154360\_2024\_1\_151.

*Об авторах:*

**Игнаткина Дарья Олеговна** — канд. техн. наук, доц. каф. водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолГГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Геращенко Алла Анатольевна** — канд. техн. наук, доц. каф. водоснабжения и водоотведения, Волгоградский государственный технический университет (ВолГГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Поздняков Андрей Петрович** — канд. физ.-мат. наук, доц., доц. каф. математических и естественно-научных дисциплин, Волгоградский государственный технический университет (ВолГГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; [viv\\_vgasu@mail.ru](mailto:viv_vgasu@mail.ru)

**Дорочинская Анна Вячеславовна** — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолГГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

**Шмарова Виктория Викторовна** — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолГГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

**Тарасов Михаил Владиславович** — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолГГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

**Губаревич Александр Павлович** — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолГГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

**Darya O. Ignatkina, Alla A. Geraschenko, Andrey P. Pozdnyakov,  
Anna V. Dorochinskaya, Victoria V. Smarova, Mihail V. Tarasov,  
Alexander P. Gubarevich**

*Volgograd State Technical University*

## **ECOLOGICAL AND ECONOMIC EFFECTIVENESS OF USING A LOCAL WASTEWATER TREATMENT SYSTEM AT INDUSTRIAL ENTERPRISES**

The article discusses current issues related to the environmental and economic feasibility study, proposed technical solutions for the implementation of various treatment facilities at industrial enterprises that are environmental polluters. The authors, using the example of the developed design of a combined engineering and technical device intended for local treatment of wastewater from an industrial food industry enterprise, carried out a literature analysis and search for the most accessible methods for a comprehensive assessment of the environmental and economic efficiency of the proposed solutions. The results are presented in the form of calculations performed, which allow us to draw a conclusion about the total amount of the prevented payment for the negative impact on the operation of the centralized sewerage system, as well as a forecast regarding the profitability and payback period developed for the implementation of the technology.

**Key words:** industrial enterprise, wastewater, local treatment, treatment device, environmental and economic feasibility study, regulatory documents, payback, profitability.

*For citation:*

Ignatkina D. O., Geraschenko A. A., Pozdnyakov A. P., Dorochinskaya A. V., Smarova V. V., Tarasov M. V., Gubarevich A. P. [Ecological and economic effectiveness of using a local wastewater treatment system at industrial enterprises]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2024, iss. 1, pp. 151—162. DOI: 10.35211/18154360\_2024\_1\_151.

*About authors:*

**Darya O. Ignatkina** — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; viv\_vgasu@mail.ru

**Alla A. Geraschenko** — Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Andrey P. Pozdnyakov** — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation, viv\_vgasu@mail.ru

**Anna V. Dorochinskaya** — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Victoria V. Smarova** — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Mihail V. Tarasov** — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation

**Alexander P. Gubarevich** — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation