

Н. Ф. Капустин¹, В. О. Китиков²

¹*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»*

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: npcter@yandex.ru

²*Институт жилищно-коммунального хозяйства НАН Беларуси*

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: kitsikau@mail.ru

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ТЕХНОЛОГИИ АНАЭРОБНОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

Аннотация. Эколого-экономическая оценка очистки сточных вод на основе предотвращенного экологического ущерба позволяет выбрать для этой цели наиболее эффективную технологию. В статье приведена методика и пример расчета предотвращенного экологического эффекта на очистных сооружениях ОАО «Слонимский водоканал».

Ключевые слова: сточные воды, анаэробная технология, предотвращенный экологический ущерб.

N. F. Kapustin¹, V. O. Kitikov²

¹*RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"*

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: npcter@yandex.ru

²*Institute of Housing and Public Utilities of the National Academy
of Sciences of Belarus*

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: kitsikau@mail.ru

ECOLOGICAL AND ECONOMIC EFFECT OF ANAEROBIC WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGY AT TREATMENT FACILITIES

Abstract. This Environmental and Economic Assessment of Wastewater Treatment Based on Environmental Impact Prevention allows for the most accurate selection of objectives. The article presents a methodology and an example of environmental impact prevention at the treatment facilities of OJSC "Slonim Vodokanal".

Keywords: wastewater, anaerobic technology, prevented environmental damage.

Введение

Основную нагрузку на окружающую среду при работе очистных сооружений оказывают сточные воды. Они содержат значительное количество органических соединений, которые обуславливают высокие уровни ХПК и БПК. Сбросы сточных вод характеризуются высокой суточной и сезонной неравномерностью как по химсоставу, так и по своему объему. Эта проблема частично нивелируется использованием уравнительных бассейнов или емкостей, что не снимает остроты проблемы, вызванной высоким содержанием загрязняющих веществ. Без правильно организованной очистки сточные воды при поступлении в окружающую среду могут вызвать серьезные экологические проблемы [1].

В аэробных условиях достаточно сложно добиться высокой эффективности очистки сточных вод жилищно-коммунального сектора. Их эффективная очистка требует использования методов, обеспечивающих удаление или предварительную трансформацию присутствующих в них органических веществ.

В мировой практике для очистки сточных вод жилищно-коммунального сектора нашли применение высокоинтенсивные анаэробные технологии, которые имеют неоспоримые преимуще-

ства перед традиционными методами. А именно: низкие энергетические затраты, высокая производительность биореакторов, компактность очистных сооружений, возможность получения метаносодержащего энергоносителя – биогаза, высокий уровень экологической чистоты сооружений [2].

Однако любая разработанная биотехнология очистки сточных вод требует оценки экологической эффективности от внедрения, для чего должны быть проведены расчеты предотвратимого экологического ущерба.

Основная часть

Предотвращенный экологический ущерб от загрязнения окружающей среды представляет собой оценку в денежной форме возможных отрицательных последствий загрязнения природной среды, которых удалось избежать в результате осуществления природоохранных мероприятий. Оценка величины предотвращенного ущерба от загрязнений водной среды проводилась на основе показателей удельного ущерба, представляющих собой удельные стоимостные оценки ущерба на единицу (1 усл. т) приведенной массы загрязняющих веществ, а также показателя относительной опасности загрязнения водоема [3].

Общая величина ущерба от загрязнения водоема определяется в соответствии с выражением

$$Y = \sum_{i=1}^n \gamma_i \sigma_k M_i, \quad (1)$$

где Y – ущерб, наносимый окружающей среде сбросами в водоемы вредных веществ, руб/год; γ_i – удельный ущерб, причиняемый народному хозяйству сбросом в водоемы одной условной тонны i -го загрязняющего вещества, руб./усл. т; σ_k – показатель относительной опасности загрязнения водоема, отн. ед.; M_i – приведенная масса сбрасываемого в водоемы i -го загрязняющего вещества в течение года (усл. т/год); n – количество загрязняющих веществ.

Приведенная годовая масса загрязняющих веществ может быть рассчитана по формуле

$$M_i = A_i m_i, \quad (2)$$

где A_i – показатель относительной опасности сброса в водоем i -го вещества, усл. т/год; m_i – масса годового сброса в водоем i -го вещества, т/год.

Значение A_i связано с величиной ПДК_{*i*} соотношением

$$A_i = \frac{1}{\text{ПДК}_i}, \quad (3)$$

где ПДК_{*i*} – предельно-допустимая концентрация i -го загрязнителя в воде рыбохозяйственных объектов, мг/л [4, 5].

Количество поступающего в водохозяйственный объект i -го загрязнителя зависит от объема годового сброса сточных вод источниками загрязнения и от концентрации i -го загрязнителя в источниках загрязнения

$$m_i = C_i V, \quad (4)$$

где C_i – концентрация i -го загрязнителя в сточных водах, г/м³; V – годовой сброс сточных вод, м³/год.

В данной статье мы проводим оценку экономической эффективности внедрения разработанной технологии анаэробной очистки сточных вод на очистных сооружениях, действующих в ОАО «Сло- нимский водоканал».

Исходные данные для расчета эколого-экономического эффекта при использовании анаэробного метода очистки сточных вод представлены в таблице 1.

На основании формул (1–4) были рассчитаны показатели относительной опасности, массы годового сброса сточных вод в канализацию, приведенной массы годового сброса и величины ущерба для каждого i -го источника загрязнения до и после их биологической очистки. Результаты расчетов представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета эколого-экономического эффекта анаэробного метода очистки сточных вод

Компоненты сточных вод	Концентрация в сточных водах, г/м ³		
	до очистки, C_i	после очистки, C_i	ПДК _i
Взвешенные вещества	277,0	10,3	30
ХПК	607,3	58,4	120
БПК	252	6,8	25
Ионы аммония [NH ₄ ⁺]	46,9	8,2	10
Азот общий	54,8	13,1	20
АСПАВ	0,89	0,056	0,1

Таблица 2 – Ущерб от годового сброса сточных вод до и после их биологической очистки

Компоненты сточных вод	Показатель относительной опасности сброса, A_i усл. т/год	Масса годового сброса в канализацию, m_i т/год		Приведенная масса годового сброса данного загрязняющего вещества, M_i усл. т/год		Ущерб от загрязнения		
		до очистки	после очистки	до очистки	после очистки	удельный γ , руб/усл. т	на приведенную массу годового сброса, руб/год	
							до очистки Y_1	после очистки Y_2
Взвешенные вещества	0,03	1 207	45	36,2	1,35	205	7421	276,0
ХПК	0,008	2 647	255	21,2	2,0	800	16 960	1 600,0
БПК	0,04	1 098	30	43,9	1,2	820	36 000	984,0
[NH ₄ ⁺]	0,1	204	36	20,4	3,6	700	14 280	2 520
Азот общий	0,05	239	57	12	2,85	750	9 000	2 137
АСПАВ	10,0	3,9	0,2	39	2	3400	132 600	6 800
						Итого:	216 261	11 457

Таблица 3 – Результаты расчета предотвращенного экологического ущерба

Параметр Y , руб./год		Предотвращенный экологический ущерб $Y_1 - Y_2$, руб/год
до мероприятия Y_1 , руб/год	после мероприятия Y_2 , руб/год	
216 261	11 457	204 804

Заключение

Биотехнологии анаэробной ферментации органического сырья применяются при очистке сточных вод как на перерабатывающих предприятиях агропромышленного комплекса, так и на очистных сооружениях жилищно-коммунального хозяйства.

При этом эффективность их применения оценивается по предотвращенному экологическому эффекту. В частности, на основании исходных данных ОАО «Слонимский водоканал» по загрязняющим веществам в сточных водах был рассчитан в денежном выражении годовой предотвращенный экологический ущерб за счет их очистки на основе технологии анаэробной биоферментации, который составил 204 804 руб.

Список использованных источников

1. Zhao, K. Biological treatment of dairy wastewater : A minireview / K. Zhao, Y. W. Wu., S. Young, X. J. Chen // Environ. Informatics Lett. – 2020. – Vol. 4. – P. 23–31.
2. Биотехнология и биоэнергетика в решении вопросов экологии / П. Е. Баланов, Н. В. Смотраева, О. В. Иванченко, Р. Э. Хабибулин // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – № 5. – Т. 18. – С. 229–232.
3. Рекус, И. Г. Основы экологии и рационального природопользования : учеб. пособие / И. Г. Рекус, О. С. Шорина. – М. : МГУП, 2006. – 146 с.
4. О некоторых вопросах нормирования сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 26.05.2017 г. № 16 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21732141> (дата обращения: 10.10.2025).
5. Баранчик, В. П. Экономика природопользования : учеб. пособие / В. П. Баранчик, И. П. Деревяго, С. А. Касперович. – Мн. : РИВШ, 2023. – 332с.