

УДК 628.35.52

**А.А. СИЗОВ**аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения  
Южно-Российский государственный технический университет**Н.С. СЕРПОКРЫЛОВ**доктор технических наук, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения  
Ростовский государственный строительный университет**Я.Ю. КАМЕНЕВ**инженер кафедры водоснабжения и водоотведения  
Ростовский государственный строительный университет**МЕТОДИКА ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СБРОСОВ СТОЧНЫХ ВОД***METHOD FOR CHOOSING THE TECHNOLOGY FOR PURIFYING PERIODIC WASTEWATER DISCHARGE*

*Установлено, что для очистки периодических сбросов сточных вод в России и за рубежом преимущественно используются модульные стационарные и передвижные очистные сооружения различного типа, в которых сочетаются узлы механической, биохимической и физико-химической обработки, отличающиеся особенностями аппаратурного и конструктивного оформления, применяемыми материалами, энергоемкостью, степенью автоматизации. Выбор технологии ведется, чаще всего, исходя из эколого-экономических принципов.*

**Ключевые слова:** методика выбора, очистка, периодический сброс, параметры оптимизации.

В настоящее время в нормированной технической литературе<sup>1</sup> отсутствует понятие периодических сбросов сточных вод. Однако в практике водоотведения они наблюдаются достаточно часто: от населения (например, базы выходного дня, работающие одни-двае суток в неделю), от промышленности (например, производство комплексных и индивидуальных удобрений: 5-6 суток в месяц), в сельском хозяйстве (например, получение посевного материала для овощей: 7-10 суток в год) и т.п. В связи с диверсификацией экономики происходит переориентация выпуска продукции промпредприятиями на конкретные заказы, поэтому на неопределенное время приостанавливается производство и, соответственно, образование сточных вод или изменяется номенклатура выпуска, что, в свою очередь, вызывает изменение состава сточных вод. При этом на очистные сооружения такие типы сточных вод могут посту-

<sup>1</sup> ГОСТ 25150-82. Канализация. Термины и определения

*It has been found out that for purifying periodic wastewater discharge in Russia and abroad the modular fixed and mobile treatment plants of various types are mainly used. These plants combine the units of mechanical, biochemical and physic-chemical treatment being differed by special features of equipment and constructive design, materials used, power consumption, level of automation. The choice is more often made according to ecology-economic principles.*

**Keywords:** choice method, purifying, periodic discharge, optimisation parameters.

пать по трубопроводам при достаточно стабильной климатической и сезонной температуре или доставляться автотранспортом при температуре около 0 °С в холодный период года.

Сточные воды с параметрически нестационарными характеристиками (по расходу и концентрации) по [1] предполагают временную прогнозируемую неравномерность поступления и не могут быть отнесены к периодическим сбросам, а следовательно, принципы выбора технологии их обработки также не могут быть применены без корректировки.

Для очистки периодических сбросов сточных вод в России и за рубежом преимущественно используются модульные стационарные и передвижные очистные сооружения различного типа, в которых сочетаются узлы механической, биохимической и физико-химической обработки, отличающиеся особенностями аппаратурного и конструктивного оформления, применяемыми материалами, энерго-

емкостью, степени автоматизации<sup>2-3</sup>. Выбор технологии ведется, чаще всего, исходя из эколого-экономических принципов:

- применение технических решений и технологий, адекватных климатическим условиям, составу и режиму поступления вод;
- гибкость управления процессом очистки при изменении состава сточных вод;
- применение технологий в блочно-модульном исполнении, позволяющем в широком диапазоне регулировать технологические параметры процесса очистки и выбирать оптимальную схему в соответствии с исходным составом вод;
- высокий уровень автоматизации систем очистки с учетом отсутствия квалифицированного персонала для обслуживания таких очистных сооружений;
- обеспечение требований к качеству очищенных вод, предъявляемых к сбросу в открытый водоем;
- использование малоотходных технологий очистки (безреагентных методов).

При этом, чаще всего, при традиционном выборе технологии технико-экономическим сравнением не учитывается период вывода на рабочий режим очистных сооружений, что является одним из основных требований для режимов периодических сбросов сточных вод. В системах водоотведения с периодическим сбросом сточных вод определяющим становится пусконаладочный режим эксплуатации очистных сооружений: работа одни-два суток, режим ожидания от часов до месяцев.

Для периодических режимов сброса принятые в практике проектирования принципы выбора технологий очистки сточных вод нуждаются в корректировке и дополнении. При сохранении основных требования к минимальному воздействию на окружающую среду определяющей оценкой выбора при этом становится готовность очистной установки к выполнению функций нормативной очистки в часы (сутки) водоотведения.

Наименьшую продолжительность пусконаладочных работ имеют физико-химические технологии [3], которые для условий периодического сброса сточных вод становятся предпочтительными.

<sup>2</sup> Афанасьева Ф.А., Иванов А.П., Ловцов А.Е. Очистка хозяйственно-бытовых сточных вод на компактных установках // Водоснабжение и санитарная техника. 2003. № 11. С. 34-39.

<sup>3</sup> Блажко С.И., Андреев Ю.С., Гришин Б.М. Технология двухступенчатой физико-химической очистки сточных вод как альтернатива сооружениям биологической очистки // Известия высш. учебн. заведений. Строительство. Новосибирск, 2007. С. 120-124.

В то же время отсутствуют рекомендации по обоснованию технологических схем очистки периодических сбросов сточных вод, а принципы выбора оптимальной технологии должны быть дополнены интегральной характеристикой, учитывающей время безотказной работы, время запуска и вывода на режим сооружений, платой за сброс недостаточно очищенных сточных вод в пусковой период [2]. Учитывая стохастический генезис и неравномерность водоотведения, в качестве критерия выбора предлагается модифицированный коэффициент готовности как результирующая оценка надежности технологии очистки периодических сбросов сточных вод по техническим, экономическим и экологическим критериям.

Модифицированный коэффициент готовности включает в себя вероятностные технические, экономические и экологические составляющие (табл. 1).

Тогда обобщенный коэффициент готовности будет определен как среднегеометрическое значение из частных коэффициентов (табл. 1)<sup>4</sup>:

$$K_{MG} = \sqrt[5]{K_{TG} \times K_{TI} \times K_{\text{Э}} \times K_{\text{ПР}} \times K_{\text{ЭЛ}}}$$

Значения составляющих модифицированного коэффициента готовности могут быть получены экспериментально-теоретическими исследованиями. Из анализа теоретических положений физико-химической очистки периодических сбросов сточных вод как для стационарных, так и передвижных установок оптимальными, на настоящем этапе знаний, являются следующие конструктивные решения технологических схем.

1. Узел механической очистки рекомендуется принимать в виде сетчатых устройств с прозорами 1,5-2,0 мм вследствие высокого значения коэффициента готовности 0.95 (по литературным данным). При этом из хозяйственных сточных вод можно обеспечить выделение до 30 % механических примесей, а из промышленных, в зависимости от типа загрязнений, - до 80 %.

2. Узел выделения белков, жиров, углеводов, ПАВ и других высокомолекулярных соединений введением коагулянтов и флокулянтов, который обеспечивает эффект очистки сточных вод до 60-85 %, при коэффициенте оперативной готовности не менее 0.9.

3. Узел фильтрования через волокнистую загрузку, например из полимерных ершей, повышающих ремонтпригодность фильтра и регенерируемость загрузки, с извлечением остаточных количеств различных примесей из сточных вод, прошедших

<sup>4</sup> Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. М.: Мир, 1973. 957 с.

Таблица 1

Комплексные показатели надежности очистной установки (ОУ)

Название и формула	Характеристика
Коэффициент технологической готовности: $K_{ТГ} = T_o / (T_o + T_{п})$	Вероятность того, что ОУ окажется работоспособной в произвольный момент времени $T_o$ , включая период $T_{п}$ , в течение которого ведется пуск ОУ при поступлении сточных вод
Коэффициент технического использования: $K_{ТИ} = T_o / (T_o + T_{п} + T_{р})$	Отношение математического ожидания времени обеспечения нормативной очистки сточных вод ОУ за некоторый период эксплуатации $T_o$ к сумме математических ожиданий $T_o$ , времени пуска $T_{п}$ и времени ремонтов $T_{р}$ за тот же период эксплуатации
Коэффициент сохранения эффективности очистки: $K_3 = Q_T / Q_D$	Характеризует степень влияния отказов элементов ОУ на эффективность очистки сточных вод. Определяется отношением объема нормативно очищенных сточных вод $Q_T$ к общему объему ( $Q_D$ ) обработанных сточных вод
Коэффициент полезной работы: $K_{ПР} = T_{рб} - T_v / T_{рб}$	Отношение разности времени работы $T_{рб}$ и вывода на режим $T_v$ ОУ ко времени очистки сточных вод $T_{р}$ за один и тот же период
Коэффициент экологической эффективности ОУ: $K_{ЭЛ} = П_H / (П_H + П_D)$	Отношение платы за сброс нормативно очищенной сточной воды $П_H$ к сумме $П_H$ и дополнительной платы за сверхнормативный сброс недостаточно очищенных сточных вод $П_D$

коагуляцию, флокуляцию и отстаивание, до 85-95 %. Коэффициент сохранения эффективности очистки при этом достигает 0,93-0,95.

4. Узел глубокой доочистки сточных вод от органических и минеральных примесей фильтрованием осветлённых сточных вод через загрузку различных видов адсорбентов-катализаторов. Однако для определения коэффициента технического использования и эффективности очистки хозяйственных и промышленных сточных вод в зависимости от типа, фракционности, высоты слоя катализатора, регенерационных режимов и т. п., имеется недостаточно данных. Поэтому их значения определялись экспериментально [4].

Исследования выполнялись на лабораторных стендах, на пилотных установках в полупроизводственных и производственных условиях на мобильной очистной станции. Для осаждения части загрязнений использовались коагулянты «СКИФ» и «Аква-Аурат™ 30» ОАО «Аурат» и флокулянт ПАА. Тонкую взвесь выделяли на ершовом фильтре.

Промышленное апробирование разработанной технологии на реальных периодических сбросах сточных вод производства минеральных удобрений (ОАО «ЕвроХим-БМУ», г. Белореченск Краснодарского края) с помощью передвижной мобильной установки, обеспечивающей собственные потребности в электроэнергии и воздухе. Очищенная вода использовалась для технических нужд – промывок и регенераций фильтров, приготовления рабочих растворов реагентов.

В установке смонтированы узлы растворения и дозирования коагулянта и флокулянта, их смешения со сточной водой, отстаивания, две ступени

фильтрации: на фильтре с ершовой загрузкой и клиноптилолитом с размером фракций 2-3 мм. Для регенерации цеолита предусмотрены растворы  $NaOH$  и  $NaCl$ , расчетный расход воды составлял 1 м<sup>3</sup>/ч. После развертывания установки с походного в рабочее состояние (необходимое время составляет два – три часа) в течение трех месяцев были проведены опытно-промышленные испытания (табл. 2).

На основании полученных результатов очистки ПСВ на мобильной установке была произведена реконструкция существующих очистных сооружений, после которой в течение двух лет обеспечивается нормативная очистка. (Усредненные показатели исходных ПСВ, сбрасываемых один раз в 12-14 суток, за период испытаний, мг/дм<sup>3</sup>: взвешенные вещества - 230; перманганатная окисляемость - 19; БПК<sub>5</sub> - 60; ХПК - 123; фосфаты (по P) - 15,3; азот аммонийный - 7,8; азот нитритов - 0,11; нитратов - 4,5; фторидов - 0,45; pH - от 5 до 8,5). Очищенные сточные воды соответствовали установленным нормам сброса в городскую систему водоотведения.

Выполним расчет модифицированного коэффициента готовности по эксплуатационным данным промышленных очистных сооружений (табл. 3) при следующих показателях режима водоотведения:  $Q = 100$  м<sup>3</sup>/ч,  $T_o = 30$  сут, сброс сточных вод 5 сут,  $T_{п} = 2$  ч,  $T_{р} = 3$  ч,  $T_{рб} = 24$  ч.

Тогда из данных табл. 3 модифицированный коэффициент готовности очистной установки периодических сбросов сточных вод составит:

$$K_{МГ} = \sqrt[5]{K_{ТГ} \times K_{ТИ} \times K_3 \times K_{ПР} \times K_{ЭЛ}} = \sqrt[5]{0,99 \times 0,97 \times 0,92 \times 0,92 \times 0,96} = 0,95.$$

Таблица 2

Показатели очистки ПСВ на передвижной установке

Точки отбора проб после	Состав сточных вод после обработки, мг/дм <sup>3</sup> , по показателям								
	$PO_4^{3-}$	$NH_4^+$	$NO_3^-$	$NO_2^-$	$Cl^-$	взвеш. вещ-ва	ХПК	БПК <sub>полн</sub>	БПК <sub>5</sub>
УФС	10,5	2,109	12,4	0,42	13,47	194,4	163,6	14,69	110,5
Ершового Фильтра	0,662	1,718	11,2	0,40	70,2	6,5	38,08	4,32	3,25
Цеолита	<0,05	0,8	13,8	0,37	73,7	5,7	25,38	4,32	3,25

Таблица 3

Расчет модифицированного коэффициента готовности очистной установки

Коэффициент	Расчет коэффициента
Технологической готовности: $K_{гр} = T_o / T_o + T_{п}$	$K_{гр} = 30 \times 24 / 30 \times 24 + 5 \times 2 = 0,99$
Технического использования: $K_{ти} = T_o / (T_o + T_{п} + T_{р})$	$K_{ти} = 30 \times 24 / (30 \times 24 + 5 \times 2 + 3 \times 5) = 0,97$
Сохранения эффективности очистки вод: $K_3 = Q_{т} / Q_{д}$	$K_3 = (24 - 2) \times 5 \times 100 / 100 \times 24 \times 5 = 0,92$
Полезной работы: $K_{пр} = T_{рб} - T_{в} / T_{рб}$	$K_{пр} = (24 - 2) \times 5 / 24 \times 5 = 0,92$
Экологической эффективности: $K_{эл} = П_{н} / П_{н} + П_{д}$	$K_{эл} = (5 \times 24 \times 100) \times 1 / (5 \times 24 \times 100) \times 1 + (5 \times 2 \times 100) \times 5 = 0,96$

(В зависимости от требований к очищенным сточным водам из технологической схемы могут быть исключены отдельные элементы, например, фильтр с загрузкой из адсорбента-катализатора, тогда, соответственно, производится перерасчет  $K_{МГ}$ ).

Модифицированный коэффициент готовности станции очистки хозяйственно-бытовых сточных вод производительностью до 1000 м<sup>3</sup>/сут составляет [4, 5]: сооружений биологической очистки – 0.91 и физико-химической очистки – 0.98. Разница в 7 % обусловлена увеличенной оплатой сброса недостаточно очищенных сточных вод за более длительный период пусковых, наладочных и / или ремонтных работ на станциях биологической очистки.

Как показывает опыт эксплуатации трех установок, величина  $K_{МГ}$  не превышает 0.93, что обуславливает преимущества физико-химической технологии при очистке периодических сбросов сточных вод по техническим, экологическим и экономическим показателям. Это также обосновывает целесообразность выбора технологии очистки такой категории сточных вод по модифицированному коэффициенту готовности.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Колесов, Ю.Ф. Биохимическая очистка высококонцентрированных параметрически нестационарных

сточных вод [Текст]: автореф. дис. ... д.т.н. / Ю.Ф. Колесов. – Н. Новгород, 2001. – 50 с.

2. Мойжес, О.В. Оценка стабильности работы сооружений биологической очистки сточных вод с помощью математического аппарата случайных величин [Текст] / О.В. Мойжес, К.В. Киндерова // Сбор. материалов контр. ВейстГЭК-2007. - М., 2007.

3. Сизов, А.А. Экспериментальное обоснование технологических параметров очистки сточных вод на мобильной установке [Текст] / А.А. Сизов, В.А. Литвиненко, М.Г. Зубов // Технология очистки воды «Техновод - 2008»: материалы 4 Междунар. научн. практ. конф., Калуга, 26-29 февр. 2008 г. / ЮРГТУ (НПИ). - Новочеркасск: ОНИКС+, 2008. – С. 205 – 209.

4. Сизов, А.А. Обобщенный критерий надежности очистки периодических сбросов сточных вод [Текст] / А.А. Сизов // Строительство – 2009: материалы Международной научно-практич. конф. – Ростов н/д: РГСУ, 2009. – С. 22 – 25.

5. Куликов, Н.И. Специфика комплектования и эксплуатации локальных очистных установок канализации жилья неканализованных территорий [Текст] / Н.И. Куликов, Я.Ю. Каменев // Технология очистки воды «Техновод – 2008»: материалы 4 Междунар. научно-практ. конф., Калуга, 26-29 февр. 2008 г. / ЮРГТУ (НПИ). - Новочеркасск: ОНИКС+, 2008. – С. 234 – 237.

© Сизов А.А., Серпокровлов Н.С.,  
Каменев Я.Ю., 2012