

УДК 664:628.381.3.001.2.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ,  
ГАЗОЖИДКОСТНЫХ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ  
СТОЧНЫХ ВОД ПИЩЕВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

**USE OF SORPTION, ELECTROPHYSICAL, GAS-LIQUID AND  
MICROBIOLOGICAL WAYS OF SEWAGE TREATMENT OF THE FOOD  
ENTERPRISES**

**Боковикова Татьяна Николаевна**  
доктор технических наук, профессор,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Занин Дмитрий Евгеньевич**  
кандидат технических наук,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Касьянов Геннадий Иванович**  
доктор технических наук, профессор,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
Тел.: 8(967) 305-65-60  
kasyanov@kubstu.ru

**Марченко Людмила Анатольевна**  
кандидат технических наук, доцент,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Аннотация.** В статье дан анализ существующих способов  
очистки сточных вод промышленных предприятий. Пред-  
ложены новые способы очистки вод.

**Ключевые слова:** сточные воды, промышленные пред-  
приятия, загрязнения, тяжелые металлы.

**Bokovikova T.N.**  
doctor of technical science, professor,  
Kuban State University of Technology

**Zanin D.E.**  
kand. of technical science,  
Kuban State University of Technology

**Kasyanov G.I.**  
doctor of technical science, professor,  
Kuban State University of Technology

**Marchenko L.A.**  
kand. of technical science  
Kuban State University of Technology

**Annotation.** In article the analysis of exist-  
ing ways of sewage treatment of the indus-  
trial enterprises is given. New ways of  
purification of waters are offered.

**Keywords:** sewage, industrial enterprises,  
pollution, heavy metals.

Проблема очистки промышленных сточных вод представляет собой сложную инженерную задачу, основанную на применении специальностей, которые связаны с хозяйственной деятельностью в населенных пунктах и на промышленных предприятиях, являющихся источником загрязнения в основном водной среды. В системе водного хозяйства сельхозпроизводитель является самым крупным водопотребителем. При водоснабжении городов и большинства промышленных предприятий 90 % сбрасывается в водоемы в виде сточных вод, загрязненных отходами производства. Ежегодно увеличивается число створов с высоким уровнем загрязнения воды (более 10 ПДК) и количество случаев экстремально высокого загрязнения водных объектов (свыше 100 ПДК). Основными источниками загрязнения водоемов в Краснодарском крае служат предприятия, перерабатывающие сельскохозяйственное сырье, химической и нефте-химической промышленности, пищевой и легкой промышленности. Микробное загрязнение вод происходит в результате поступления в водоемы патогенных микроорганизмов. Необходимо выполнять требования по охране окружающей среды и постановлений природоохранных организаций по экологии и природопользованию прибрежных сельскохозяйственных угодий [1–7].

Справедливости ради следует отметить, что вопросами эффективной очистки сточных вод промышленных предприятий довольно давно и успешно занимаются зарубежные специалисты [8–14].

Очистные сооружения Черкесска, Армавира, Краснодара сбрасывают загрязненные сточные воды в реку Кубань. После отстаивания вод в Краснодарском водохранилище, содержание нефтепродуктов, солей тяжелых металлов и фенолов, снижается.

Механическая очистка сточных вод обеспечивает удаление взвешенных грубо- и мелкодисперсных (твердых и жидких) примесей. Грубодисперсные примеси обычно выделяют из сточных вод отстаиванием и флотацией, мелкодисперсные — фильтрованием, отстаиванием, электрохимической коагуляцией, флокуляцией. Самым распространенным химическим методом очистки сточных вод является нейтрализация, которая может производиться фильтрацией их через магнезит, доломит, известняки. После химической очистки сточные воды могут подвергаться биологической очистке.

В настоящее время сточные воды часто очищают для повторного использования в производственном водоснабжении. Метод очистки стоков выбирают в зависимости от конкретных остаточных загрязнений воды.

Производственные сточные воды, содержащие токсические органические и минеральные вещества, все чаще обезвреживаются с помощью огневого метода. Под влиянием высокой температуры в процессе горения органического топлива токсические органические вещества окисляются и полностью сгорают, а минеральные частично выводятся в виде расплава, частично выносятся дымовыми газами в виде мелкой пыли и паров. Наиболее универсальны и эффективны циклонные печи (реакторы). Специалисты Краснодарского проектно-конструкторского бюро «Пластмаш» разработали способ мембранной очистки загрязненных сточных вод промышленных предприятий, которые превосходят по эффективности обеззараживания сорбционные угольные поглотители.

Ученые и специалисты КубГТУ разработали способ очистки сточных вод облучением тонкого слоя падающей загрязненной воды холодной аргоновой плазмой. При этом разрушались такие опасные загрязняющие вещества, как бензол, трихлорэтилен и фенол.

Мониторинг санитарного состояния водных объектов должна осуществлять санитарно-эпидемиологическая служба РФ. Имеется сеть санитарных лабораторий на предприятиях для изучения состава сточных вод и качества воды водоемов. Однако традиционные методы наблюдений и контроля имеют один принципиальный недостаток — они неоперативны и, кроме того, характеризуют состав загрязнений объектов природной среды только в моменты отбора проб. В России публикуется информация по мониторингу окружающей среды, которая основывается на официальных статистических данных Росстата, а также данных других министерств и ведомств, деятельность которых связана с природопользованием, экологическим контролем и охраной окружающей среды.

Целью выполняемых в КубГТУ исследований является минимизация отходов, образующихся при механической и биологической очистке сточных вод промышленных предприятий за счет электромагнитной технологии, и их переработка в востребованный экологически чистый продукт, с использованием технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения.

Предметом работ является обоснование и выбор направления исследований по разработке комплексной технологии мониторинга, прогнозирования и очистки промышленных сточных вод. Это необходимо с целью определения оптимального варианта работ на основе анализа состояния исследуемой проблемы, в том числе результатов патентных исследований и сравнительной оценки вариантов возможных решений. К предмету исследований будут отнесены результаты теоретических и экспериментальных научных исследований по очистке промышленных сточных вод с использованием сорбционных, электрофизических, газожидкостных и микробиологических способов.

При выполнении исследований планируется разработать прототипы технических и технологических решений по очистке промышленных сточных вод с использованием сорбционных, электрофизических, газожидкостных и микробиологических способов. Необходимо разработать систему биологических тестов для определения опасности осадков сточных вод: создать и оценить токсичность модельных образцов, относящихся к различным классам опасности; определить критерии и соответствующие диапазоны показателей для ранжирования осадков сточных вод по степени их опасности для экосистем. Будет выполнен расчёт степени очистки сточных вод по величине рН, от взвешенных частиц, от вредных веществ и индекса загрязнения. Выполняется технологическое обоснование снижения количества избыточной биологической массы в процессе биологической очистки сточных вод на предприятии стратегического партнера ООО «Акварос» (г. Краснодар). С этой целью необходимо:

- изучить качественный состав образующихся отходов с целью унификации и единообразия научных подходов к решению по применению потенциальной технологии переработки;
- разработать параметры и технологические основы биологической очистки с целью минимизации образования избыточного ила (избыточной биомассы);
- исследовать эффективность разработанной технологии по минимизации биологической массы.

При выполнении работ будут исследованы методы переработки избыточной биологической массы в востребованный продукт на конкретном отходе, проведена практическая апробация технологии переработки отходов биологической очистки сточных вод, разработан технологический регламент переработки отходов биологической очистки.

В итоге выполнения исследований будет создана эффективная технология широкого спектра очистки, как по производительности, так и по концентрациям, осуществляемая с минимальным количеством образования отходов и технология переработки накопленных отходов биологической очистки (биомассы) в востребованный продукт.

По окончании проекта будут представлены отчеты, статьи и заявки на получение патентов, акты испытаний на пилотных модулях и в условиях эксплуатации на сточных водах различного качества, технологические рекомендации, акт сдачи-приемки работы.

Метод анализа результатов наблюдений и оценка состояния экосистемы зависит от вида мониторинга и будет осуществляться по совокупности показателей, разработанным для атмосферы, гидросферы, литосферы. Будут даны комплексные оценки санитарного состояния природных объектов по совокупности измеряемых показателей или индексы загрязнений. Вначале будет определена степень отклонения концентрации каждого загрязняющего вещества от его ПДК, а затем полученные величины будут объединены в общий показатель, который учитывает суммарное воздействие нескольких веществ.

Выполнение поисковых исследований позволит существенно изменить систему управления качеством вод и водными ресурсами на федеральном и региональном уровнях, а также водное законодательство, т.к. уже в настоящее время необходимо разрабатывать и внедрять новые методы и технологии очистки сточных вод.

Электромагнитная, сорбционная, газожидкостная и биологическая очистка сточных вод представляет собой универсальный, инновационный метод, позволяющий производить очищение от практически всего спектра загрязнений. Важно, что при этом используются природные биологические процессы, эффективность которых по основной массе загрязнений достигает 100 %. Возможность быстрого удаления загрязнений из сточных вод на искусственных очистных сооружениях обусловлена большим количеством микроорганизмов, быстротой их размножения и чрезвычайно высокой активностью. Качественный состав производственных стоков неоднороден, поэтому достичь унификации активного ила ко всем сбрасываемым промышленностью загрязнениям сложно. Биологическая масса формируется в зависимости от качества сточной воды и состоит в основном из сухого вещества биомассы.

Проводимая работа базируется на основе биохимических и физико-механических процессов, происходящих при очистке сточных вод на аэробных биологических очистных сооружениях. Для проведения исследований в экспериментальной работе будут использоваться независимые и взаимодополняющие методы: гравимет-

рические, рентгеноструктурные, газовой хроматографии, микроскопии, калориметрии и др., а также методы и способы решений, отличающиеся научно-технической новизной.

Новые положения разрабатываемой технологии и активного биологического материала будут предложены к патентованию. Необходимо отметить научно-технические результаты проведенной работы, которые будут выражены в разработке наукоемкой высокоэффективной технологии очистки сточных вод, с надежными эксплуатационными свойствами и низкими энергозатратами.

Прикладные исследования и экспериментальные разработки позволят: — оптимизировать процесс очистки производственных стоков любого качества; — получить технологию, при которой без вложения дополнительных финансовых и материальных средств, производится эффективная очистка сточных вод с минимальным образованием биологической массы. Необходимо использовать методы обработки осадка для уменьшения вредных примесей, тяжелых металлов, уменьшения массы отходов. Следует применить методы использования обработанных отходов и разработать регламенты их применения, а также закрепить отечественные авторские права на разработанный материал и технологию с целью их тиражирования.

Профилактика промышленного загрязнения окружающей среды эффективна лишь в том случае, если осуществляется комплексно, как система мер, блокирующих потенциальный источник загрязнения. Одним из способов защиты окружающей среды от техногенного воздействия является охрана водных ресурсов от загрязнений, поступающих со сточными водами.

Технологии, лежащие в основе наших разработок, дают возможность достигать выдающейся производительности: на каждый 1 м<sup>2</sup> оборудования приходится 5 м<sup>3</sup> очищенной воды. При этом затраты электроэнергии составляют всего 0,1–0,5 кВт/ч на кубический метр очищенных сточных вод. Нельзя не отметить и низкую себестоимость применяемого модульного оборудования, которое приемлемо как для небольших и средних предприятий, так и для крупных производств в качестве дополнительных систем очистки местного значения.

Качественная очистка производственных сточных вод, соответствующая ГОСТ 9.314, и разработанные нами технологии позволяет использовать воду неоднократно, причем затраты на электроэнергию не превышают 1 кВт/м<sup>3</sup>. Обратное водоснабжение, реализованное с помощью применяемого модульного оборудования, благодаря автоматизации, простоте обслуживания и компактности весьма перспективно для разработки новых очистных модульных установок и модернизации существующих сооружений.

В таблице приведены физико-химические показатели содержания контролируемых элементов в очищенной воде рыбохозяйственных водоемов.

Таблица — Физико-химические показатели питьевой воды и ПДК рыбохозяйственных водоемов

Показатели качества воды, химические вещества	Питьевая вода СанПиН 2.1.4.1074-01	Дистиллированная вода ГОСТ 6709	ПДК рыбохозяйственных водоемов
рН	6,0-9,0	5,4-6,6	6,5–8,5
Железо (Fe), мг/л	0,3	0,05	0,1 / 0,05*
Медь (Cu, суммарно), мг/л	1	0,02	0,001 / 0,005*
Цинк (Zn <sup>2+</sup> ), мг/л	5	0,2	0,01 / 0,05*
Кадмий (Cd, суммарно), мг/л	0,001	–	0,005 / 0,01*
Никель (Ni <sup>2+</sup> ), мг/л	0,1	–	0,01
Хром (Cr <sup>6+</sup> ), мг/л	0,05	–	0,02
Хром (Cr <sup>3+</sup> ), мг/л	0,5	–	0,07
Алюминий (Al <sup>3+</sup> ), мг/л	0,5	0,05	0,04
Свинец (Pb, суммарно), мг/л	0,03	0,05	0,006 / 0,01*
Кремний (Si), мг/л	10	–	1 (по SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )
Мышьяк (As, суммарно), мг/л	0,05	–	0,05 / 0,01
Кальций (Ca <sup>2+</sup> ), мг/л	–	6,8	180 / 610*

Таким образом, разрабатываемая авторами технология очистки промышленных сточных вод, с использованием сорбционных, электрофизических, газожидкостных и микробиологических способов, является эффективной и инновационно привлекательной.

#### Литература:

1. Справочник правовых и технических актов в области охраны окружающей среды. – СПб. : Интеграл, 2014. – 111 с.
2. Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 01.01.2010 г. № 107 «Об утверждении инструкции по ведению экологического паспорта предприятия».
3. Охрана окружающей среды в России: статистический сборник 2013 г. / Федер. служба гос. статистики (Росстат). – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2014. – 300 с.
4. Экологический менеджмент в условиях глобализации экономики / С.М. Сухорукова, П.В. Сухоруков, Е.И. Хабарова и др. – М. : КолосС, 2009. – 216 с.
5. Павлов К.В. Региональные эколого-экономические системы. – М. : Магистр, 2009. – 351 с.
6. Ступин Д.Ю. Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления. – СПб. : Изд-во «Лань», 2009. – 432 с.
7. Страхова Н.А. Экология и природопользование / Н.А. Страхова, Е.В. Омельченко. – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 252 с.
8. Cogliastro A. Effects of wastewater sludge and woodchip combinations on soil properties and growth of planted hardwood trees and willows on a restored site / A. Cogliastro, G. Domon, S. Daigle // *Ecological Engineering*. – 2001. – V. 16. – P. 471–485.
9. Juvonen R. A battery of toxicity tests as indicators of decontamination in composting oily waste / R. Juvonen, E. Martikainen, E. Schuitz, A. Joutti, J. Ahtiainen, M. Lehtokari // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2000. – V. 47. – P. 156–166.
10. Lau S. Effects of composting process and flu ash amendment on phytotoxicity of sewage sludge / S. Lau, M. Fang, J. Wong // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* – 2001. – № 40. – P. 184–191.
11. Wong J.W.C. Availability of heavy metals for Brassica chinensis grown in an acidic loamy soil amended with a domestic and industrial sewage sludge / J.W.C. Wong, K.M. Lai, D.S. Su, M. Fang // *Water Air and Soil Pollution*. – 2001. – V. 128. – P. 339–353.
12. Dohmann M., Baumgarten S. Entwicklungen der Membrantechnik in der // *Abwasseraufbereitung*. – DVGW Energ. Wasser-Prax., 2006. 57. – №. 2. – P. 30–32.
13. Le-Clech P., Marselina Y., Stuetz R. M., Chen V. Fouling visualization of solution modeling soluble microbial products in membrane bioreactors // *Desalination*. – 2006. – 199. – P. 477– 479.
14. Membrane bioreactor technology for wastewater treatment and reuse // *Desalination*, 2006. – 187. – № 1–3. – P. 271–282.

#### References:

1. The reference book of legal and technical acts in the field of environmental protection. – SPb. : Integral, 2014. – 111 p.
2. The resolution of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of Republic of Belarus of 01.01.2010 No. 107 «About the approval of the instruction on maintaining the ecological passport of the enterprise».
3. Environmental protection in Russia: statistical collection of 2013 / Feder. service state. statisticians (Rosstat); – M. : FGNU «Rosinformagrotekh», 2014. – 300 p.
4. Ecological management in the conditions of globalization of economy / S.M. Sukhorukova, P.V. Sukhorukov, E.I. Habarova, etc. – M. : Colossus, 2009. – 216 p.
5. Pavlov K.V. Regional ekologo-economic systems. – M. : Master, 2009. – 351 p.
6. Stupin D.Yu. Pollution of soils and the newest technologies of their restoration. – SPb. : Publishing house «Fallow deer», 2009. – 432 p.

7. Strakhova N.A. *Ekologiya and environmental management* / N.A. Strakhova, E.V. Omelchenko. – Rostov N/D : Phoenix, 2007. – 252 p.
8. Cogliastro A. Effects of wastewater sludge and woodchip combinations on soil properties and growth of planted hardwood trees and willows on a restored site / A. Cogliastro, G. Domon, S. Daigle // *Ecological Engineering*. – 2001. – V. 16. – P. 471–485.
9. Juvonen R. A battery of toxicity tests as indicators of decontamination in composting oily waste / R. Juvonen, E. Martikainen, E. Schuitz, A. Joutti, J. Ahtiainen, M. Lehtokari // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2000. – V. 47. – P. 156–166.
10. Lau S. Effects of composting process and flu ash amendment on phytotoxicity of sewage sludge / S. Lau, M. Fang, J. Wong // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* – 2001. – № 40. – P. 184–191.
11. Wong J.W.C. Availability of heavy metals for *Brassica chinensis* grown in an acidic loamy soil amended with a domestic and industrial sewage sludge / J.W.C. Wong, K.M. Lai, D.S. Su, M. Fang // *Water Air and Soil Pollution*. – 2001. – V. 128. – P. 339–353.
12. Dohmann M., Baumgarten S. Entwicklungen der Membrantechnik in der // *Abwasseraufbereitung*. – DVGW *Energ. Wasser-Prax.*, 2006. 57. – № 2. – P. 30–32.
13. Le-Clech P., Marselina Y., Stuetz R. M., Chen V. Fouling visualization of solution modeling soluble microbial products in membrane bioreactors // *Desalination*. – 2006. – 199. – P. 477– 479.
14. Membrane bioreactor technology for wastewater treatment and reuse // *Desalination*, 2006. – 187. – № 1–3. – P. 271–282.