

# ОТ РЕДАКЦИИ

## УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!



главный редактор  
Финаев  
Сергей Владимирович,  
член Комитета  
по водоснабжению  
и водоотведению  
Экспертного совета по  
ЖКХ при Госдуме РФ

Вы держите в руках «пилотный» номер нового журнала «Водоснабжение и канализация». Те, кто из Вас являлся подписчиком журнала «ВВВ», наверняка, узнаете стиль и концепцию. Для нас по-прежнему на первом месте стоят научно-техническая ценность статей, их актуальность и интересы читателей. Также практически неизменными остались редакторско-авторский состав и члены редсовета. По большому счету, сменилась лишь обложка.

Прекращение сотрудничества с журналом «ВВВ» далось нелегко, но это было единственно правильное решение, и на то были свои объективные причины. О степени их серьезности говорит хотя бы тот факт, что созданный и раскрученный нами (и только нами) «с нуля» проект мы безоговорочно оставили ИД «Орион», принадлежащему группе компаний «Катализ» (г. Ангарск). Журнал «ВВВ» продолжает существовать, но, начиная с 01.09.2008, у него новый редакторский состав, о работе которого судить Вам. Со своей стороны, рекомендую Вам не торопиться с подпиской на 2009 год, а предварительно получить и ознакомиться с 9–12 номерами.

Журнал «Водоснабжение и канализация» ежемесячно будет выходить с января 2009 года. Объем — 80 страниц. График выхода — месяц в месяц. Январский номер выйдет из печати 15 декабря 2008 года.

Оформить подписку на журнал «Вик», а также получить любую интересующую Вас информацию можно по нижеуказанным телефонам, а также электронной почтой.

*С уважением, С. Финаев*

Тел. (495) 226-38-42  
Тел./факс: (495) 469-00-06  
E-mail: [sfinaev@yandex.ru](mailto:sfinaev@yandex.ru)  
[www.vik-nik-2009.narod.ru](http://www.vik-nik-2009.narod.ru)

### ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

№ 0, 2008 (пилот)

### Редакционная коллегия:

**Боровкова И.И.**, канд. техн. наук, ОАО «Инженерный центр ЭЭС-филиал «Институт Теплоэлектропроект»;

**Лысенко П.Е.**, чл.-корр. Академии проблем водохозяйственных наук, канд. техн. наук, проф., гл. эксперт НКФ «ВОЛГА»;

**Очков В.Ф.**, доктор техн. наук, профессор МЭИ;

**Баженов В.И.**, канд. техн. наук, ОАО «Лизинг экологических проектов»;

**Алексеев Е.В.**, доктор техн. наук, профессор. Московский государственный строительный университет;

**Дзюбо В.В.**, канд. техн. наук, Томский государственный архитектурно-строительный университет.

**Главный редактор**  
Финаев С.В.

Зам. главного редактора  
Ермошкина Т.В.

### Адрес редакции:

107497, г. Москва, Щелковское ш.  
91-3-506,

в редакцию журнала «ВВВ»

Тел. гл. редактора:  
(495) 469-00-06

E-mail: [sfinaev@yandex.ru](mailto:sfinaev@yandex.ru)

Тел. отдела подписки и  
рекламы:  
(495) 226-38-42

Факс редакции:  
(495) 469-00-06

Использование материалов  
разрешается только

с письменного разрешения  
редакции.

### Отпечатано в типографии

ООО «Вива Стар»,

г. Москва, ул.  
Электрозаводская, д. 20,  
стр. 3.

Тел. (495) 737-63-53,  
780-67-40.

Подписано в печать  
15.11.2008

ООО «Издательский дом  
«НиКа»

**Подписку на журнал можно оформить с любого месяца, отправив заявку на адрес электронной почты: [sfinaev@yandex.ru](mailto:sfinaev@yandex.ru) или по факсу (495) 469-00-06**

## АКТУАЛЬНО

СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, МНЕНИЯ ..... 4

## НАУКА И ПРАКТИКА

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ ИМПУЛЬСНЫМИ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ РАЗРЯДАМИ ..... 7

К. В. ВИЛКОВ, А. Л. ГРИГОРЬЕВ, Ю. А. НАГЕЛЬ, И. В. УВАРОВА

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА ВОЗРАСТА  
АКТИВНОГО ИЛА НА СООРУЖЕНИЯХ  
БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД  
ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН..... 13

М. ТЕРЕЩУК, С. ГРУБЕ, А. ГУРИНОВИЧ

## ЭКОМОНИТОРИНГ

СНИЖЕНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ  
ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ г. БЕРЕЗНИКИ  
НА ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ ..... 19

Е. С. ШИРИНКИНА

СИСТЕМА БИОМОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОДЫ  
ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ  
И СИСТЕМЫ ДОЗИРОВАНИЯ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ  
КАК ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ  
В ГУП «ВОДОКАНАЛ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА»..... 23

А. В. БЕКРЕНЕВ, А. К. КИНЕБАС, С. В. ХОЛОДКЕВИЧ, Ф. И. ЛОБАНОВ

## ТЕХНОЛОГИИ

РЕАЛИЗАЦИЯ НАИЛУЧШИХ ТЕХНОЛОГИЙ  
В РАМКАХ РЕКОНСТРУКЦИИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ  
СОЛИКАМСКОГО ЦБК..... 29

Е. М. КРЮЧИХИН, А. Н. НИКОЛАЕВ, Н. А. ЖИЛЬНИКОВА

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ  
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ..... 33

КОНДРАТЬЕВ В. В.

**ВОДОПОДГОТОВКА**

<b>СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ВОДОПОДГОТОВКИ. ИНФОРМАЦИОННАЯ И РАСЧЕТНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ .....</b>	<b>36</b>
---	-----------

КОПЫЛОВ А. С., ОЧКОВ В. Ф., ЧУДОВА Ю. В.

**ПЕРЕДОВОЙ  
ОПЫТ**

<b>КОРПОРАТИВНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КАК ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ МУП «УФАВОДОКАНАЛ».....</b>	<b>40</b>
---	-----------

ХАТЫПОВ А. Ф., ГОРДИЕНКО В. С., КАНТОР Л. И.

<b>ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....</b>	<b>43</b>
--	-----------

Д. В. ПАВЛОВ, С. О. ВАРАКСИН, В. А. КОЛЕСНИКОВ

<b>ОПЫТ И ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕМБРАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОТЕЛЬНОЙ УВЕКСКОЙ НЕФТЕБАЗЫ.....</b>	<b>46</b>
---	-----------

И. А. ТИХОНОВ, А. Н. БЛИНОВ, Е. В. СКИДАНОВ, Д. А. САНАЕВ,  
С. Ю. МИРОНОВ, А. В. ГОЛЕЦ, А. В. ВАСИЛЬЕВ, Д. В. ФРОЛОВ,  
Е. Б. ФЕДОСЕЕВА, А. А. ПАНТЕЛЕЕВ, Е. А. СВЕТЛИЧНЫЙ

**ВОДОСНАБЖЕНИЕ  
И****ВОДООТВЕДЕНИЕ**

<b>ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ЛИВНЕВЫХ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОБОРОТНОЙ СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРНОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....</b>	<b>51</b>
---	-----------

Г. А. СЕЛИЦКИЙ, Е. А. УЛАСОВЕЦ, Д. В. ЕРМАКОВ

<b>АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ .....</b>	<b>59</b>
---	-----------

А. А. РАТНИКОВ

**СТРАНИЦА  
ЮРИСТА**

<b>ПРАВОВАЯ ПОДДЕРЖКА.....</b>	<b>64</b>
--------------------------------	-----------

## СОБЫТИЯ, ФАКТЫ, МНЕНИЯ

### РОСВОДОКАНАЛ НАМЕРЕН ОБСУДИТЬ С ПРАВИТЕЛЬСТВОМ РФ АНТИКРИЗИСНУЮ ПРОГРАММУ ДЛЯ ЖКХ

*11-12 ноября в Москве, в Центральном выставочном комплексе «Экспо-центр» проходит IV Всероссийский форум руководителей предприятий ЖКХ, в котором принимают участие представители федеральной власти, субъектов РФ, главы местного самоуправления, руководители предприятий ЖКХ. Генеральным партнером Форума выступила Группа компаний «РОСВОДОКАНАЛ».*

Работу форума открыл генеральный директор ГК «РОСВОДОКАНАЛ» Александр Малах, который обратился к представителям государственной власти и СМИ с программным докладом, в котором впервые широкой общественности был представлен истинный масштаб последствий экономического кризиса для сферы водоснабжения и водоотведения.

«Над отраслью нависла реальная опасность дестабилизации текущей операционной деятельности в связи с резким сокращением инвестиционных программ по реконструкции и развитию систем водоснабжения городов», — заявил глава «РОСВОДОКАНАЛА». Основной ее причиной является тотальный отказ банков — как российских, так и международных, — предоставлять финансирование отрасли. В связи с этим происходит резкое сокращение штатов предприятий ЖКХ, замораживание текущих ремонтов сетей, увеличивается риск аварий.

«В связи со сворачиванием инвестиционных программ во многих городах титанические усилия Правительства сохранить темпы строительства, могут быть перечеркнуты: для строящихся объектов будет просто-напросто не готова коммунальная инфраструктура. Рассчитывать на то, что ситуация разрешится сама, без вмешательства

политической воли на федеральном уровне, сейчас бессмысленно», — отметил Александр Малах.

В этой связи глава «РОСВОДОКАНАЛА» представил комплекс неотложных мер по стабилизации финансового положения предприятий ВКХ. Программа обсуждалась в Министерстве регионального развития РФ, и в ближайшее время будет обсуждаться на трехсторонней встрече представителей отрасли, банковских структур и ответственных лиц (в ранге вице-преьера) в Правительстве РФ.

По мнению «РОСВОДОКАНАЛА», такими мерами в сфере водоснабжения должны стать: введение долгосрочного тарифа; установление реального норматива потребления воды; рефинансирование российских банков, кредитующих коммуналку; разрешение институциональным инвесторам (Инвестфонд РФ, Пенсионный фонд РФ) приобретать облигации с кредитными рейтингами; совместное участие государства и ЕБРР в текущем финансировании инвестиционных программ. И наиболее важная мера системного характера — предоставление кредитов коммунальным предприятиям из средств Инвестфонда РФ/ Фонда содействия реформированию ЖКХ.

По мнению руководства ГК «РОСВОДОКАНАЛ» и представителей государственной власти, введение этих мер поможет ослабить негативное воздействие кризиса и стабилизировать обстановку в сфере водоснабжения и отрасли ЖКХ в целом.



### СБРОС НЕОЧИЩЕННЫХ СТОКОВ В ПЕРМИ МОЖЕТ БЫТЬ ПРЕКРАЩЕН

*До 10 декабря специалисты «НОВОГОРА» и администрации Перми уточнят сроки завершения работ по ликвидации сброса неочищенных вод,*

*включая работы по строительству главного разгрузочного коллектора и реконструкции Биологических очистных сооружений БОС. Ожидается, что в июле 2009 г. аварийный сброс в Данилиху будет прекращен.*

14 ноября глава города Перми Игорь Шубин, исполнительный директор по развитию ОАО «Российские коммунальные системы» Вячеслав Торсунов, депутаты городской думы и представители городской администрации посетили Биологические очистные сооружения (БОС) в поселке Гляденово, находящиеся в аренде у компании «НОВОГОР-Прикамье».

БОС находится под пристальным вниманием как городских властей, так и частного оператора, так как является важнейшей частью «Проекта по расширению и реконструкции канализации г. Перми». Целью проекта является прекращение сброса неочищенных стоков в р. Данилиха. Реконструкция БОСа ведется с 2006 года с использованием бюджетных средств и инвестиций компании «НОВОГОР-Прикамье».

Как сообщил глава города Игорь Шубин, участники поездки убедились, в том, что БОС стабильно работает, сооружения развиваются, принятые графики реконструкции выполняются. Владимир Глазков, главный управляющий директор ООО «НОВОГОР-Прикамье».

На первом этапе реконструкции БОС в 2006–2007 годах выполнена реконструкция сооружений механической очистки стоков на сумму около 90 млн рублей. Второй этап включает в себя реконструкцию действующих сооружений с внедрением новых современных технологий. План мероприятий по реконструкции БОС, рассчитанный до 2011 года, предусматривает финансирование в размере 1 млрд 81 млн рублей. В том числе, «НОВОГОР-Прикамье» планирует вложить в 2008 г. 216,7 млн рублей, в 2009 г. — 305 млн рублей. После реконструкции с внедрением новых технологий стоки

будут проходить одну ступень очистки вместо двух. Это позволит не только сократить затраты, но и повысить качество очистки стоков.

Исполнительный директор по развитию ОАО «Российские коммунальные системы» Вячеслав Торсунов, также участвовавший в поездке на БОС, отметил, что в Перми успешно действует государственно-частное партнерство. Власти города, края и частный оператор эффективно решают проблему водоотведения — жизненно важный вопрос для миллионной Перми. То, что депутаты и представители власти сегодня посетили этот объект, свидетельствуют о развитии партнерских отношений города и частной компании. Вячеслав Торсунов подтвердил также, что РКС намерены и в дальнейшем привлекать значительные средства для выполнения всех принятых ранее соглашений.



## **ИТОГ ВТОРОГО МЕЖРЕГИОНАЛЬНОГО ФОРУМА ПРОМЫШЛЕННИКОВ РОССИИ «ЭКОЛОГИЯ ГОРОДА: ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД»**

*Второй межрегиональный форум промышленников России «Экология города: передовые технологии очистки сточных вод» завершил свою работу. Тематика форума — строительство, реконструкция и эксплуатация канализационных очистных сооружений.*

В качестве соорганизаторов Форума выступили Торгово-промышленная палата Нижегородской области и Торгово-промышленная палата г. Дзержинска.

Форум вызвал интерес у городской и областной власти. В его работе приняли участие представители Администрации города Дзержинска: заместитель мэра г. Дзержинска по ЖКХ Астаськов Андрей Егорович, Белянкин Игорь Александрович — начальник сектора экологии и природопользования администрации г. Дзержинска.

Форум открыл генеральный директор компании «Агростройсервис» Безаев Михаил Иванович. Он отметил актуальность вопросов, поднимаемых участниками.

Форум освещали ведущие отраслевые СМИ — журналы «Аква-терм», «Аква-magazine», «Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение», «Строительная газета»; а также «Известия Торгово-промышленной палаты г. Дзержинска»; «Нижегородская деловая газета», газеты «Дзержинские ведомости», «Новости Дзержинска», «Дзержинская панорама».

В Форуме приняли участие ведущие специалисты проектных институтов регионов России. Таких как ОАО «Проектный институт Рязаньагропромспецпроект», ООО «Интермодуль», ОАО «ЦНИЛХИ», проектное бюро ЗАО «Алгоритм» (г. Калуга), ОАО «Ульяновская областная корпорация ипотеки и строительства» «Ульяновск-водпроект», ОАО «Рязаньагропромпроект», ОАО «Нижегородский сантехпроект», ЗАО «Институт «Рязаньпроект». Проявили интерес к Форуму такие организации, как ОАО «Минудобрения» (г. Россосшь), ОАО «Корпорация ВСМПО АВИСМА» (Свердловская область), МП «Саранскагорводоканал», ОАО «Кировский завод», ООО «Эко-потенциал» (г. Москва).

С докладами выступили: генеральный директор О.В. Крюков (компания «Интермодуль») на тему: «Электрооборудование и автоматизация комплекса канализационных насосных станций», специалисты «Агростройсервиса»: А.С. Норкин — руководитель технологической группы — поделился опытом использования современных материалов при изготовлении емкостного оборудования для станции биоочистки, начальник отдела продаж очистных сооружений Керов Д.С. рассказал о конструктивных и технологических особенностях установок биологической очистки сточных вод, производимых компанией «Агростройсервис», и использовании информационных технологий при сотрудничестве с проектными институтами. Генеральный директор

ОАО «Нижегородский сантехпроект» Савинова Ирина Александровна предложила обсудить создание саморегулируемых организаций в строительной отрасли, а инженер-технолог ООО «Эко-потенциал» поднял тему механического обезвоживания сточных вод.

В ходе дискуссии была выявлена одна из основных проблем очистных сооружений на сегодняшний день — быстрая изнашиваемость емкостного оборудования. Компания «Агростройсервис» предлагает альтернативное решение: заменить металлоконструкции оборудованием из стеклопластика. Это дает ряд преимуществ при использовании установок производства «Агростройсервис». Канализационные очистные сооружения в стеклопластиковом исполнении более долговечны, надежны, легки в монтаже и, что немаловажно, дешевле в эксплуатации.

10 сентября гости посетили выставку «Россия Единая» на Нижегородской ярмарке и выразили свое восхищение историческим центром Нижнего Новгорода.

11 сентября состоялась экскурсия на очистные сооружения в поселок Вача.

Форум завершился, но сотрудничество между участниками будет продолжаться: заключение договоров, совместное строительство, обмен опытом.

А все вместе мы можем надеяться на чистую воду там, где будут установлены очистные сооружения компании «Агростройсервис».

[www.acs.nnov.ru](http://www.acs.nnov.ru)



## **ПРОБЛЕМА УЧЕТА ПРИЗНАНА ГЛАВНЫМ ПРЕПЯТСТВИЕМ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

*21-22 октября в Санкт-Петербурге прошла конференция «Измерения и измерительные приборы электроэнергии в России и странах Балтики». Главным препятствием развития регулируемого рынка электроэнергетики*

гии, каким он стал после прекращения существования РАО «ЕЭС», был назван низким качественным уровнем учета.

Участниками конференции стали более 200 представителей крупнейших компаний — производителей средств измерений и системных решений, генерирующих и сетевых компаний, операторов коммерческого учета.

В качестве основных задач, стоящих перед бытовыми и сетевыми компаниями, обозначены следующие: создание условий для нормального функционирования рынка, сокращение затрат на обслуживание энергохозяйства и снижение уровня потерь. Не менее важным является стимулирование потребителей к экономии. Выполнение этих задач, по мнению докладчиков, невозможно в условиях отсутствия оперативных и точных данных о потреблении ресурсов.

«Нет учета — нет рынка!» — с таким заявлением выступил генеральный директор Enel по России и СНГ Доминик Фаш. Энергоемкость российской экономики, по его словам, в четыре раза превышает подобный показатель в Италии или Дании, что связано в первую очередь с недостаточным контролем за потреблением.

Более 50% эксплуатируемых в бытовом секторе электросчетчиков не отвечают современным требованиям по параметрам точности и характеризуются низким уровнем защиты от несанкционированного доступа — такие данные привел в своем выступлении Алексей Ляхов, независимый эксперт. Подобная ситуация влечет за собой недоучет значительной части произведенной электроэнергии и, как следствие, большую финансовую нестабильность рынка.

«Необходим системный подход к контролю за потреблением ресурсов — только он позволит решить большинство проблем, существующих в отрасли, — отмечает Татьяна Кислякова, директор по продажам и маркетингу российского представительства компании Kamstrup. —

Имея в России большой опыт по организации учета тепловой энергии, сейчас мы задумываемся о выходе на рынок электроэнергетики. Как и в сфере теплоснабжения, здесь главной проблемой взаимоотношений между большим количеством участников рынка является расчетный путь определения объемов потребления из-за отсутствия качественных средств измерений».

«Порядок и качество организации коммерческого учета электроэнергии зависят от ряда факторов. В первую очередь, это отсутствие нормативно утвержденных правил, выход которых позволит обеспечить прозрачность во взаимоотношениях субъектов розничных рынков. В такой же степени на решение вопроса влияет позиция холдингов, в частности Межрегиональных распределительных сетевых компаний (МРСК). И не понятны пока источники финансирования широкомасштабных проектов по модернизации систем учета, — обозначил основные затруднения Алексей Ляхов. — Поэтому очень важно взаимодействие субъектов рынка, в том числе и в рамках подобных специализированных конференций».

### **СПРАВКА О КОМПАНИИ KAMSTRUP:**

*Kamstrup A/S — мировой лидер по производству ультразвуковых приборов учета тепловой энергии.*

*Производство и головной офис компании находятся в Дании. Продукция Kamstrup A/S представлена дистрибьюторами в 60 странах мира. Дочерние предприятия работают в России, Голландии, Польше, Норвегии, Англии и Франции.*

*Компания Kamstrup A/S основана в 1946 году Олафом Камstrupом. До 1990 года компания существовала в форме частного семейного бизнеса. С 1990 года — собственность датской нефтяной компании Olieelskabet Danmark (OK).*

*С 1998 года было произведено и установлено 1,7 млн электросчетчиков Kamstrup.*

*Поставки приборов учета тепловой энергии MULTICAL® в Россию осуществляются с 1995 года.*

*Дополнительную информацию и фотоматериалы можно получить в пресс-службе.*

*телефон (495)517-30-12;*

*e-mail: press@kamstrup.dk;*

*сайт — www.kamstrup.ru*

Пресс-служба Kamstrup



## **ЦЕНТР «АТОМ-ИННОВАЦИИ» И ФГУП «ВНИИТФА» СОЗДАЮТ ТЕХНОПАРК**

*Центр «Атом-инновации» и ФГУП «ВНИИТФА» создают на производственной и научно-исследовательской базе этого НИИ отраслевой технопарк, территориально расположенный на юге столицы. Концепция его создания предусматривает формирование в ближайший год более 40 инновационных венчурных компаний, которые будут развивать и капитализировать гражданские инновационные технологии атомной отрасли, а также внеотраслевые разработки, предназначенные для использования в ядерной энергетике и промышленности.*

В настоящее время завершается обсуждение схемы работы технопарка, определяется состав наиболее перспективных заявок от разработчиков и потенциальных инвесторов, на основе которых будут создаваться венчурные компании. Предполагается, что их инвестирование будет осуществляться из средств отраслевого венчурного фонда, Госкорпорации «Роснано», других инвестиционных фондов и частных инвесторов.

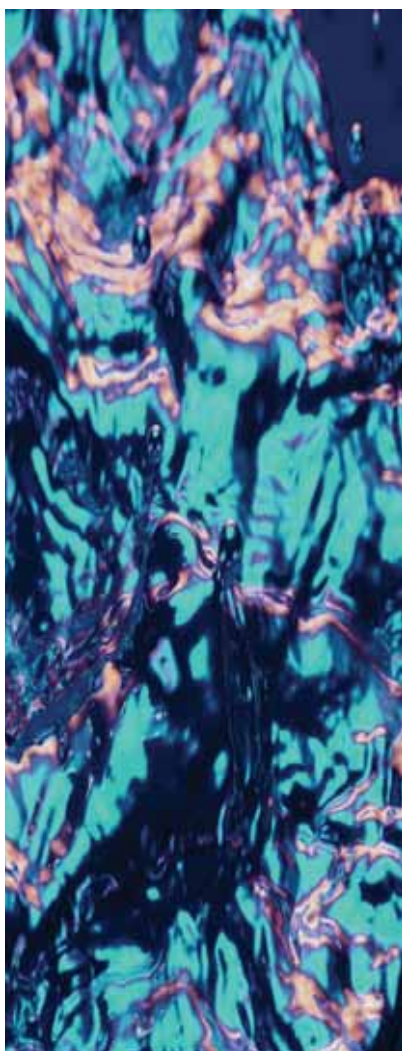
В рамках технопарка его Управляющая компания — Центр «Атом-инновации» — будет предоставлять инновационным компаниям производственные мощности для развития бизнеса с начального этапа (start up) до уровня малого и среднего бизнеса. Помимо этого будут предоставляться юридические услуги, помощь в составлении бизнес-планов для потенциальных инвесторов, маркетинговое обеспечение реализации продукции, патентное обслуживание, информационная поддержка, консультации по управлению бизнесом и др.

Запуск работы технопарка планируется на конец 2008 года.

# ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ ИМПУЛЬСНЫМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ РАЗРЯДАМИ

**К. В. Вилков, А. Л. Григорьев, Ю. А. Нагель, И. В. Уварова**  
Федеральное государственное унитарное предприятие  
Исследовательский Центр им. М.В. Келдыша,  
Москва, Россия

*Теоретически исследовано зарождение, эволюция и структура ударных волн, являющихся основным фактором бактериального обеззараживания при мощных импульсных электрических разрядах в воде. Исследование структуры ударной волны проведено в плоском одномерном приближении с использованием обобщенных уравнений гидродинамики, предложенных Б.В. Алексеевым. Рассмотрены возможные механизмы деструкции микроорганизмов при воздействии ударной волны. Экспериментально исследована эффективность обеззараживающего действия мощных импульсных разрядов в модельных растворах, природной и сточных водах, содержащих кишечную палочку 1257 и колифаг MS-2.*



Идея применения импульсного электрического разряда для обеззараживания воды принадлежит Л.А. Юткину [1]. Достигнутые в 60–70-е годы экспериментальные значения удельной энергоемкости обеззараживания импульсным разрядом оказались достаточно высокими (~ 1–10 kWh/m<sup>3</sup> в зависимости от концентрации микроорганизмов), что не позволило приступить к практическим работам [2]. Прогресс в области импульсной энергетики, потребность в безреагентных методах обеззараживания воды возродили интерес к идее Л.А. Юткина. Результаты исследования энергетической эффективности импульсно-периодических разрядов с энергией в импульсе ~ 1–20 J приведены в [3–6]. Отличительная особенность таких разрядов — локальное многофакторное воздействие на микроорганизмы в области, непосредственно прилегающей к зоне разряда, удельная энергоемкость ~ 0,5÷1,0 kWh/m<sup>3</sup>. Обеззараживание в значительно большем объеме воды может быть достигнуто мощными импульсными разрядами с энергией в импульсе порядка нескольких кДж. Такие разряды, по сравнению с импульсно-периодическими, позволяют снизить удельную энергоемкость за счет значительного сокращения числа разрядов и существенного увеличения объема обеззараживаемой воды, увеличить ресурс емкостного накопителя вследствие уменьшения числа циклов «заряд–разряд» [7,8].

## ЗАРОЖДЕНИЕ, ЭВОЛЮЦИЯ И СТРУКТУРА УДАРНЫХ ВОЛН

Исследование проводилось в плоской одномерной постановке при допущении мгновенного энерговыделения в сечении  $x = 0$  полупространства  $x \geq 0$ . При определении координаты и времени зарождения ударных волн использовались соотношения [9]:

$$t_z = 2c/(y + 1)a, \quad x_z = 2c^2/(y + 1)a$$

где:

$c$  — скорость звука,

$y$  — показатель степени в уравнении состояния,

$a$  — ускорение при  $x = 0, t = 0$ .

Рассчитанные по формулам (1) данные для импульсного разряда и альтернативных источников инициирования ударных волн в воде для характерных значений  $a$  [9–11] даны в табл.1 (плотность энерговыделения 2,95 кДж/см<sup>3</sup>).

	Импульсный разряд	Электрический взрыв проводника	Взрыв конденсированного вещества	Воздействие импульсного лазерного излучения	Удар пластины
$a, \text{m/c}^2$	$1,6 \cdot 10^8$	$10^9$	$3 \cdot 10^9$	$1,2 \cdot 10^{10}$	$2,2 \cdot 10^{11}$
$t_2, \mu\text{s}$	2,3	0,4	0,1	$3,2 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$
$x_2, \text{mm}$	3,5	0,6	0,2	$4,7 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-3}$

Расчет структуры фронта ударной волны проводился на основе обобщенных уравнений гидродинамики (уравнений сохранения массы и импульса [12]) и уравнения состояния воды в форме Тейта:

где:

$$B = 3,045 \cdot 10^{-8} \text{Pa}, \gamma = 7,15,$$

$$\frac{d\rho v}{dx} = \frac{d}{dx} \tau \frac{d}{dx} [p + \rho v^2] = 0, \frac{d(p + \rho v^2)}{dx} = \frac{d}{dx} \tau \frac{d}{dx} [3v p + \rho v^3] = 0, \quad p = B \left[ \left( \frac{\rho}{\rho_1} \right)^\gamma - 1 \right],$$

$\rho_1$  — плотность воды при нормальных условиях.

Величина  $\tau = r_0/c, r_0 = 3,5 \cdot 10^{-10} \text{m}$  — среднее расстояние между молекулами.

Граничными условиями для системы (2) являются заданные значения плотности и скорости перед фронтом и за фронтом, связанные между собой соотношениями на разрыве.

В табл. 2 даны рассчитанные значения толщины фронта

$$\delta = (\rho_2 - \rho_1) / (\delta\rho / \delta x)_{\text{max}}$$

в зависимости от перепада давлений  $\Delta\rho$  в ударной волне.

Эволюция ударной волны в предположении  $a = \text{const}$  представлена в координатах на рис.1.

$$\tilde{x} = x/(c^2/a), \quad \tilde{t} = t/(c/a)$$

Зарождению ударной волны соответствуют координаты  $\tilde{x} = \tilde{t} = 0,24$ . Размерные множители для различных способов инициирования ударных волн приведены в табл. 3. При импульсных разрядах с плотностью энерговыделения 2.95, 17.7, 35.4 кДж/см<sup>2</sup> максимальный перепад давления в волне (профили А, В, С на рис. 1) достигается в точках:

$$x_A = 3,4 \text{ mm}, \quad t_A = 3,2 \mu\text{s}; \quad x_B = 7,0 \text{ mm}, \quad t_B = 4,3 \mu\text{s}; \quad x_C = 9,5 \text{ mm}, \quad t_C = 5,5 \mu\text{s}.$$

То есть, несмотря на меньшее значение  $a$  по сравнению с другими источниками инициирования (табл. 1), импульсный разряд обеспечивает приемлемые для практики пространственно-временные масштабы зарождения и формирования ударных волн.

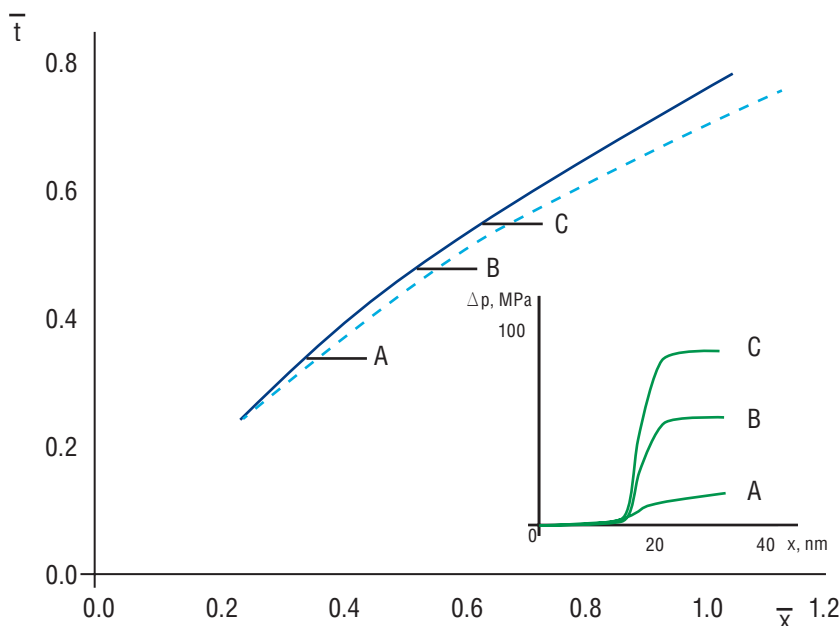


Рис. 1. Зарождение и эволюция ударных волн в воде:  
 — траектория ударной волны,  
 - - - огибающая характеристика



Таблица 2

$\Delta p, \text{MPa}$	$\delta, \text{nm}$	$\Delta p, \text{MPa}$	$\delta, \text{nm}$
50	~75	1190	4.54
80	64.4	1670	4.16
100	53.1	2285	3.92
155	37.3	3055	3.74
295	8.46	4015	3.64
515	6.22	5200	3.57

### О МЕХАНИЗМЕ ДЕСТРУКЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

Одной из причин гибели микроорганизмов может быть повреждение клетки, ее структур вследствие термического или механического эффектов. Поскольку при  $\Delta p \geq 50 \text{ MPa}$  (табл. 2) толщина фронта существенно меньше характерного размера микроорганизма ( $\sim 1 \div 10 \text{ }\mu\text{m}$ ) при оценке указанных эффектов применим гидродинамический подход. Нагрев микроорганизмов в результате прохождения ударной волны можно оценить по формуле (3):

$$T/T_0 = (V/V_0)^{\Gamma_0} \quad (3)$$

где изменение удельного объема  $V/V_0$  определяется из уравнения Тейта, коэффициент Грюнайзена:

$$\Gamma_0 = \beta / \rho k_m c_v.$$

Необходимые для расчета исходные данные приведены в табл. 4.

Согласно оценкам по формуле (3), нагрев микроорганизмов до температуры свыше  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  возможен при перепаде давления во фронте ударной волны  $\Delta p > 1.7 \cdot 10^3 \text{ MPa}$ , причем температура воды при этом повысится на  $\Delta T = 10 \text{ K}$ . При оценке механического эффек-

та будем считать микроорганизмы сферами диаметром  $d$  и воспользуемся условием дробления сферических капель жидкости плотностью  $\rho_0$  вследствие развития неустойчивости Кельвина-Гельмгольца при обтекании жидкостью плотности  $\rho$  [14]

$$\Delta p > \rho^{1/2} D \left( \frac{2\pi\sigma}{d} \cdot \frac{\rho}{\rho_0} \right)^{1/2}, \quad (4)$$

где:

$D$  — скорость ударной волны,

$\sigma$  — сила поверхностного натяжения на границе раздела.

Толщина клеточной стенки микроорганизма, имеющей полимерную структуру,  $\Delta = 10\text{--}25 \text{ nm}$ .

Поскольку напряжение разрыва для жидкости  $\sigma_p$  связано с поверхностным натяжением приближенным соотношением [15]:

$$\sigma_p = 2\sigma/r_0$$

то формулу (4) можно применить в рассматриваемом случае, если формально заменить величину  $\sigma$  на

$$\sigma^* = \sigma_p \Delta / r_0 \text{ или } \sigma^* = \sigma_p \Delta,$$

где:

$\sigma_1$  и  $\sigma_p$  — поверхностное натяжение и прочность на разрыв материала клеточной стенки.

Типичные значения  $\sigma_p$  для полимеров  $\sim 20 \text{ MPa}$  [16] и согласно (4) получаем  $\Delta_p > (0,6\text{--}1,35) \cdot 10^2 \text{ MPa}$ .

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Исследования проводились на модельной камере, выполненной из стального толстостенного цилиндрического сосуда объемом  $\sim 10 \text{ dm}^3$ , к которому пристыковывались каналы с углом между осями  $90^\circ$  (рис. 2). Каналы состояли из отдельных секций конической формы, соединявшихся между собой.

Наборно-секционная конструкция позволяла варьировать размер модельной камеры вдоль оси каналов от  $0,24$  до  $2 \text{ m}$  и использовать в исследованиях сравни-

Таблица 3

	Импульсный разряд	Электрический взрыв проводника	Взрыв конденсированного вещества	Воздействие импульсного лазерного излучения	Удар пластины
$c/a, \text{mm}$	13.9	2.2	0.75	$1.9 \cdot 10^1$	$10^{-2}$
$c/a, \mu\text{s}$	9.3	1.5	0.5	$1.3 \cdot 10^1$	$6.9 \cdot 10^3$

Таблица 4

	$k_m, 1/\text{Pa}$	$\beta, 1/\text{K}$	$c_p, \text{kJ/kgK}$	$\rho, \text{kg/m}^3$	$B, \text{Pa}$	$1/\gamma$
1	$(3,5 \div 4,5) \cdot 10^{-10}$	$0,182 \cdot 10^{-3}$	4,18	$10^3$	$3,045 \cdot 10^8$	0,14
2	$(0,5 \div 1,0) \cdot 10^{-9}$	$\sim 10^{-3}$	$1,0 \div 3,0$	$7,5 \cdot 10^2$	$(0,7 \div 0,9) \cdot 10^8$	0,08–0,1

Используются обозначения:

1 — вода,

$k_T$  — изотермический коэффициент сжимаемости,

$c_v$  — удельная теплоемкость.

2 — органические жидкости, входящие в состав микроорганизмов,

$\beta$  — объемный коэффициент температурного расширения,

тельно небольшое количество воды (от 10 до 50 dm<sup>3</sup>).  
 Вследствие прохождения ударных волн через отверстия  
 (диафрагмы) в узлах стыковки сосуда с каналами картина  
 распространения ударных волн будет отличаться от  
 той, которая наблюдалась бы в неограниченной среде. По  
 данным работы [17] отличие будет иметь место в зоне:

$$50,5 < r/r_0 < 1,5$$

где:

$r_0$  – расстояние диафрагмы от источника ударных волн.

Электроразрядный узел крепился к верхней крышке  
 сосуда через изолирующую втулку и посредством токо-  
 подводящих шин коммутировался с емкостным накопи-  
 телем.

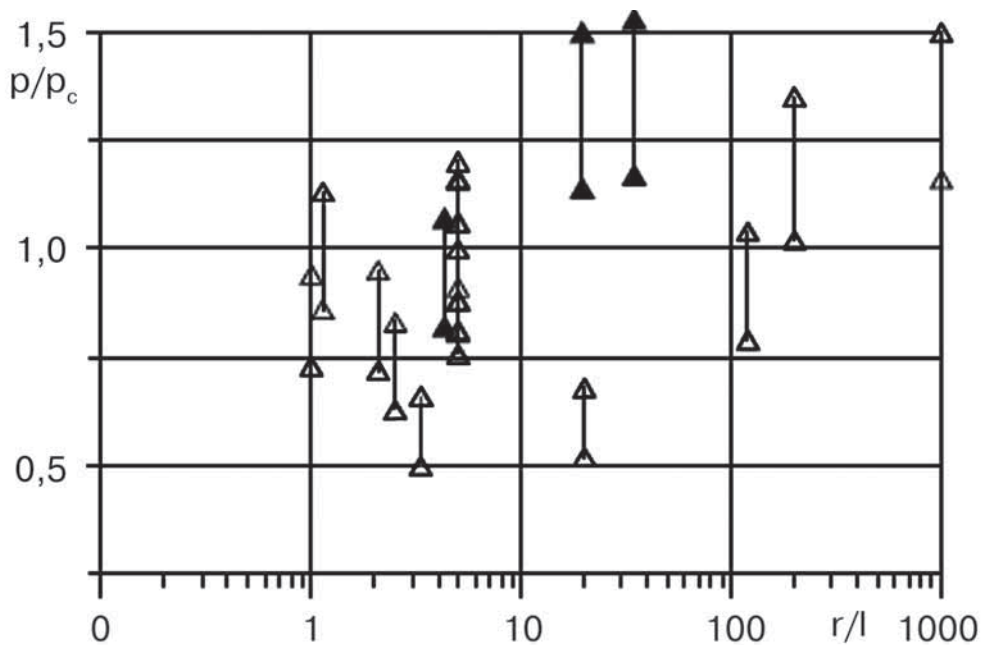
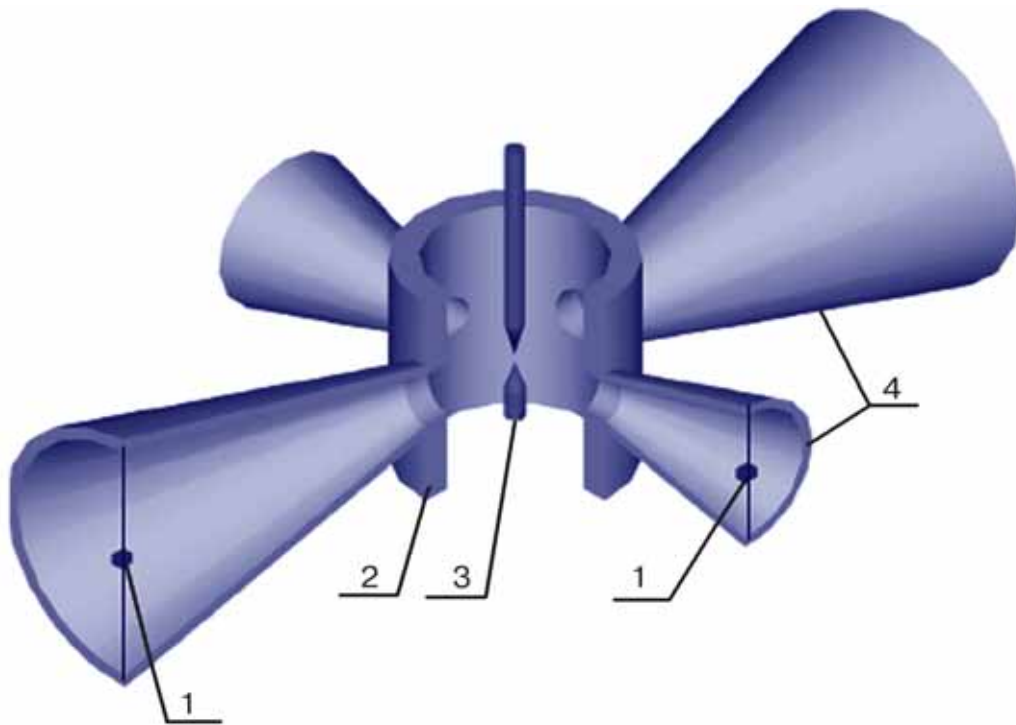


Рис. 2.  
 Расположение датчиков в модельной камере и данные измерений максимального давления на фронте ударной волны:  
 1 — датчик,  
 2 — цилиндрический сосуд,  
 3 — электроразрядный узел,  
 4 — конический канал,  
 ▲ — данные измерений,  
 △ — данные измерений в осесимметричных каналах [18]

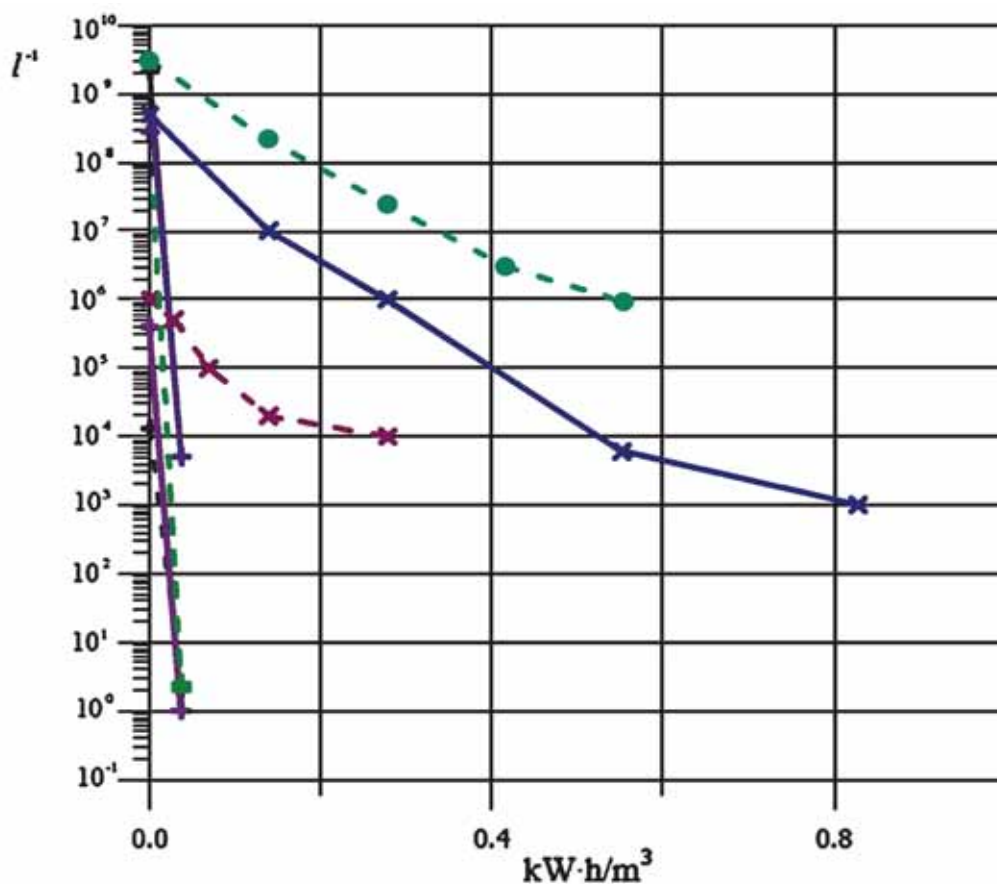


Рис.3.

Эффективность обеззараживания импульсным разрядом:

+ – кишечная палочка 1257,

+ – колифаг MS2 (данные авторов);

• – кишечная палочка 1257 [3,4];

x – кишечная палочка 1257,

× – колифаг MS2 [5,6]

Емкость накопителя 72  $\mu F$ , напряжение зарядки 24,6 kV, энергия в импульсе 21,5 kJ.

Измерение давления осуществлялось манганиновыми датчиками, интегрального импульса – крешерными устройствами (поршни с иглой с набором бумажных дисков в цилиндрах).

Результаты измерений максимального давления  $p$  на фронте ударной волны в безразмерных координатах  $p/p_c$ ,  $r/l$ , ( $p_c$  — расчетное значение для эффективного показателя адиабаты плазмы в канале разряда 1,31–1,45 [18],  $r$  — расстояние от оси электродов до точки измерения,  $l$  — межэлектродное расстояние в электроразрядном узле) приведены на рис. 1. В пределах имеющегося разброса результаты измерения удовлетворительно согласуются с данными, полученными в осесимметричных камерах [18].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Обобщенные данные по эффективности обеззараживающего действия мощных разрядов, полученные на модельных растворах (физиологическом, дехлорированной

водопроводной и кипяченой водах), природной и сточной водах, зараженных кишечной палочкой 1257 и колифагом MS-2, приведены на рис.3 в координатах концентрация микроорганизмов — удельная энергоемкость обеззараживания\*).

При расчете последней затраченная энергия относилась к объему воды, содержащейся в овалоиде, образованном вращением изобары (линии равных давлений на фронте ударной волны) вокруг оси разряда в неограниченной среде. Изобара задавалась уравнением, предложенным в [18], большая полуось овалоида принималась равной расстоянию  $R$  от оси модельной камеры до торца канала. Величина  $R$ , при которой в результате единичного разряда достигалось снижение концентрации микроорганизмов ниже  $10^3$  1/dm<sup>3</sup>, составляла =0.6 м. Для сравнения на рис. 3 приведены также данные, полученные в [3–6] при применении импульсно-периодических разрядов. По данным измерений усредненная по 5 экспериментам величина перепада давления на внутренней стенке торцевой заглушки ( $R=0.6$  м) при взаимодействии с ней ударной волны составила  $10^2$  МПа, что соответствует перепаду давления на фронте падающей

волны  $\Delta p \sim 0.5\text{--}10$  МПа [19]. Отметим, что эта величина качественно согласуется с теоретически предсказанным значением, согласно которому для деструкции микроорганизма необходимо, чтобы перепад давления на фронте ударной волны

$$Ap > f_{0.6-1.35} > 102 \text{ МПа.}$$

Полученные данные свидетельствуют, что при выбранных параметрах экспериментальной установки удалось реализовать режим, при котором в достаточно большом объеме воды деструкция микроорганизмов осуществлялась при однократном воздействии разряда. Этим объясняется значительное снижение удельной энергоемкости обеззараживания по сравнению с импульсно-периодическими разрядами малой мощности (см. данные работ [3-6] на рис. 3).

В процессе исследований было обнаружено снижение эффективности обеззараживания воды, содержащей взвешенные макрочастицы органического происхождения. Так удельная энергоемкость обеззараживания сточной воды, в которой весовая доля макрочастиц составляла  $\alpha \sim 5 \cdot 10^{-5}$ , оказывалась примерно в 2 раза выше по сравнению со сточной водой с  $\alpha = 0$ . Проведенные расчеты показали, что объяснить столь значительную разницу за счет увеличения затухания ударных волн, эффекта экранировки микроорганизмов макрочастицами нельзя. Однако, учитывая малость характерного времени, необходимого для «встречи» микроорганизма с макрочастицей (по оценкам  $\sim 20$  нс), можно предположить, что подавляющая часть микроорганизмов находится на ча-

стицах или внутри них, что и приводит к росту потребной для их деструкции энергии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При мощном импульсном разряде в воде ударная волна зарождается и формируется в непосредственной близости от оси разряда: на расстоянии  $\sim 3\text{--}5$  мм от нее (плотность энерговыделения  $\sim 3$  кДж/см<sup>3</sup>). При перепаде давления  $> 50$  МПа толщина фронта много меньше характерного размера микроорганизмов, что позволяет рассматривать последние как макрообъекты. Из рассмотренных механизмов деструкции микроорганизмов ударной волной наиболее вероятный — дробление вследствие развития неустойчивости при обтекании. Потребный перепад давления оценивается величиной более  $(0.6\text{--}1.35) \cdot 10^2$  МПа. Эта величина может служить ориентиром при практической реализации условий деструкции микроорганизмов при однократном воздействии разряда.

В результате экспериментального исследования эффективности обеззараживающего действия мощных импульсных разрядов в модельных растворах, природной и сточной водах, зараженных кишечной палочкой 1257 и колифагом MS-2, показано, что при однократном воздействии снижение концентрации микроорганизмов до требуемых санитарных норм (менее  $10^3$  1/дм<sup>3</sup>) реализуется при перепаде давления на фронте ударной волны не менее 50 МПа, потребный энерговыклад составляет  $0.02\text{--}0.04$  кВт-ч/м<sup>3</sup>.

*\*) Санитарно-бактериологический анализ исходной и обеззараженной воды проводился специалистами ОАО «НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды» под руководством к.м.н. Н.А.Русановой.*

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект. М.-Л., 1955. 51 с.
2. Сытин И.А. Электрогидравлическое действие на микроорганизмы. Киев: Здоровье, 1982. 75 с.
3. Горячев В.Л., Рутберг Ф.Г., Федюкович В.Н. // ТВТ. 1996. Т.34. № 5. С. 757-760.
4. Горячев В.Л., Рутберг Ф.Г., Федюкович В.Н. // Изв РАН. Энергетика. 1998. Т.34. № 1. С. 40-55.
5. Авчинников А.В., Недачин А.Е., Рахманин Ю.А. и др. // Медицинская консультация. 1996. № 1(9). С.9-11.
6. Авчинников А.В. // Вест. Смоленской мед. Академии. 2001, № 3. С.75-80.
7. Вилков К.В., Нагель Ю.А. // Письма в ЖТФ. 2004, № 5.
8. Вилков К.В., Григорьев А.Г., Нагель Ю.А. и др. // Письма в ЖТФ. 2004. № 7.
9. Баум Ф.А., Орленко Л.П., Станюкович К.П. и др. Физика взрыва. М.: Наука, 1975. 228 с.
10. Царенко П.И., Ризун А.Р., Жирнов М.В. и др. Гидродинамические и теплофизические характеристики мощных подводных искровых разрядов. Киев: Наукова думка, 1984. 147 с.
11. Янушкевич В.А. // ФХОМ. 1975. № 5. С. 9-11.
12. Алексеев Б.В., Грушин И.Т. Процессы переноса в реагирующих газах и плазме. М.: Энергоатомиздат, 1994. 432 с.
13. Зельдович Я.Б., Райзер Ю.П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М.: Наука, 1966. 688 с.
14. Гельфанд Б.Е., Губин С.А., Нигматулин Р.И. и др. // ДАН СССР. 1977. Т.233. № 2. С.292-294.
15. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкостей. Л.: Наука, 1975. 592 с.
16. Физические величины: Справочник / Под ред. Григорьева Н.С., Мейлихова Е.З. М.: Энергоатомиздат, 1991. 1232 с.
17. Атанов Г.А., Куницын Л.А. // ЖВММФ. 1975. Т.15. № 4. С.1069-1072.
18. Кривицкий Е.В., Шамко В.В. Переходные процессы в высоковольтном разряде в воде. Киев: Наукова думка, 1979. 207 с.
19. Яковлев Ю.С. Гидродинамика взрыва. Л.: Судпромгиз, 1961. 316 с.

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЁТА ВОЗРАСТА АКТИВНОГО ИЛА НА СООРУЖЕНИЯХ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН

**Терещук М., Грубе, С.**

Рур-Университет, Бохум, Германия

**Гуринович А.**

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

*Во многих странах мира в 80-х годах столкнулись с проблемой эвтрофикации поверхностных водных источников. Ускоренный рост водорослей, сокращение концентраций растворённого кислорода, а также повышение концентраций аммиака в водоёмах, вследствие сброса различных химических форм азота и фосфора, представляли опасность не только для флоры и фауны, но и для людей. Для решения этих проблем в различных климатических регионах в ЕС, США, Бразилии, ЮАР и др. странах были разработаны разнообразные технологические схемы и методики расчётов сооружений очистки сточных вод с учетом местных условий и характеристик сточных вод.*



Большинство городских сооружений биологической очистки сточных вод в России, Беларуси и других странах бывшего СССР запроектированы и построены в соответствии с требованиями СНиП 2.04.03.85 [1]. С вводом в этих странах более жестких требований по удалению биогенных элементов азота и фосфора из коммунальных сточных вод [2] необходимо при реконструкции существующих очистных и строительстве новых очистных сооружений изменять не только их технологическую схему, но и методики расчета.

В данной публикации приведено сравнение методик расчётов возраста активного ила, являющегося базисом для определения последующих расчётных параметров, в методиках расчёта аэротенков для удаления биогенных элементов разработанных в Германии, США, Бразилии, а также в России. В дальнейшей дискуссии рассмотрен вопрос о возможности и целесообразности применения зарубежных методик расчёта для определения возраста активного ила, на очистных сооружениях, типичных для российских регионов.

## РАСЧЁТ ВОЗРАСТА АКТИВНОГО ИЛА

### Германия

Наиболее распространенная и рекомендуемая в Германии методика расчёта аэротенков для удаления биогенных элементов разработана Немецкой Водной Ассоциацией DWA A-131 [3]. Расчёт в данной методике ведётся для поступающих концентраций биогенных элементов сточных вод, не превышающих 85 %-го их значения во время сухой погоды. Также принимаются во внимание средние концентрации стоков, поступающие на сооружения очистки, в течение недели с минимальной температурой сточной воды.

В основу расчёта аэротенков заложено определение минимального аэробного возраста активного ила, необходимого для сохранения и аккумуляции в нем нитрифицирующих бактерий:

$$t_{TS, aerob, Bem} = SF \cdot 3,4 \cdot 1,103^{(15-T)}, \text{ сут.} \quad (1)$$

где:

SF — фактор надёжности, учитывающий колебания максимального роста нитрификантов в зависимости от состава сточных вод, кратковременного понижения температуры и изменения значения pH, принимаемый 1,8 или 1,45 в зависимости от размеров очистных сооружений;

3,4 — величина, состоящая из обратного значения максимальной скорости роста нитрификантов при 15°C и фактора, обеспечивающего накопление нитрификантов при благоприятных условиях их роста, равного 1,6;

T — расчётная минимальная температура сточной воды, при которой требуется обеспечение процесса нитрификации, принимаемая в Германии -12°C.

Для аэротенков с нитрификацией и денитрификацией расчётный возраст активного ила определяется по следующей формуле:

$$t_{TS, Bem} = t_{TS, aerob} \cdot \frac{1}{1 - (V_D / V_{BB})}, \text{ сут} \quad (2)$$

где:

$V_D$  — объём зоны денитрификации, м<sup>3</sup>;

$V_{BB}$  — общий объём аэротенка, м<sup>3</sup>.

Понижение средней температуры в течение двух недель (Тзим.) ниже 12°C следует учитывать при расчёте соотношения объёма резервуара денитрификации к общему объёму аэротенка. В этом случае в формуле (2) учитывается Тзим. На данный момент опыт расчёта и эксплуатации аэротенков с Тзим. < 8°C отсутствует.

Следует отметить, что при расчете аэротенков, концентрации аммонийного азота на входе и выходе аэротенка, а также эффект очистки сточных вод не учитываются. Данный факт является следствием установленных требований на предельно допустимые концентрации (ПДК) сброса сточных вод в водный объект [4]. В Германии, как и в других странах ЕС, установлены ПДК биогенных элементов в очищенных сточных водах, зависящие от величины очистных сооружений. Так для очистных сооружений, рассчитанных на менее 100000 и более 100000 эквивалентных жителей, концентрация общего азота не должна превышать соответственно 15 мг/л и 10 мг/л, концентрация фосфора соответственно 2 мг/л и 1 мг/л [4].

### США

В распространённой в США методике расчёта аэротенков, разработанной в 1993 г. агентством по экологической защите EPA [5], расчёт ведётся для среднесуточных значений концентраций и расхода сточных вод.

В основу расчёта заложено определение минимального аэробного возраста активного ила и гидравлической продолжительности очистки. Расчёт аэротенков различается в зависимости от их вида (аэротенки-смесители и аэротенки-вытеснители), а также продолжительности аэрации (аэротенки с продлённой аэрацией, так называемой стабилизацией ила, или без неё).

Гидравлическая продолжительность очистки сточной воды для аэротенков с продлённой аэрацией находится в пределах от 12 до 48 часов, для аэротенков-смесителей и аэротенков-вытеснителей — менее 10 часов. Соответственно, возраст активного ила в аэротенках со стабилизацией ила в несколько раз выше, чем в аэротенках другого типа. Аэробный возраст активного ила в аэротенках-смесителях и аэротенках-вытеснителях определяется по формуле (3):

$$t_{TS, aerob} = PF \cdot SF \cdot \frac{1}{\mu_N} = PF \cdot SF \cdot \frac{1}{\mu_{NIT, max} \cdot e^{0,098(T-15)} \cdot \frac{N}{K_N + N}}, \text{ сут} \quad (3)$$

Аэробный возраст активного ила в аэротенках с продлённой аэрацией определяется по формуле (4):

$$t_{TS, aerob} = PF \cdot SF \cdot \frac{1}{\mu_N} = PF \cdot SF \cdot \frac{1}{\mu_{NIT, max} \cdot e^{0,098(T-15)} \cdot \frac{O_2}{k_{O_2} + O_2} \cdot \frac{N}{K_N + N}}, \text{ сут} \quad (4)$$

где:

PF — фактор, учитывающий повышение концентрации аммония в суточные пики поступления сточной воды, равный 1,56;

SF — фактор надёжности, зависящий от технологии очистки, принимаемый от 1,2 до 3;

$\mu_N$  — удельная скорость роста нитрифицирующих бактерий, 1/сут;

$\mu_{N, max}$  — максимальная удельная скорость роста нитрификантов, в зависимости от условий их роста находится в пределах от 3 до 1,2 1/сут;

N — требуемая концентрация аммония на выходе из аэротенка, мг/л;

$K_N$  — коэффициент, равный половине максимальной скорости окисления аммония, принимаемый от 0,6 до 3,6 мг/л;

$O_2$  — концентрация растворённого кислорода в аэротенке, равная 0,5 — 2 мг/л;

$K_{O_2}$  — коэффициент, равный половине максимальной скорости потребления кислорода, принимаемый от 0,5 до 2 мг/л.

Особенность расчёта заключается в том, что при определении минимального аэробного возраста ила, необходимого для аэротенка с продлённой аэрацией, учитывается дополнительная константа растворённого кислорода. Также по методике EPA существует возможность увеличения возраста активного ила за счёт снижения концентрации растворённого кислорода до 2 мг/л. За расчётную температуру принимается температура в

зимнее время года. Диапазон температур, при которых формулы остаются действительными, в ЕРА не обозначен. Максимальная удельная скорость роста нитрифицирующих бактерий определена для температур от 14 °С до 26,5 °С.

**Бразилия**

Методика расчета, приведенная в книге М. von Sperling [7], имеет большое сходство с методикой расчёта ЕРА [5]. Как и в предыдущих методиках, расчёт базируется на определении минимального аэробного возраста активного ила, но при этом учитывается коэффициент распада нитрифицирующих бактерий:

$$t_{TS, aerob} = \frac{1}{\mu_{max(20^{\circ}C)} \cdot \Theta^{(T-20)} \cdot \left( \frac{N}{K_N + N} \right) - K_d}, \text{ сут} \quad (5)$$

где:

$\mu_{N, max}$  — максимальная удельная скорость роста нитрификантов при 20 °С, принимаемая от 3 до 0,7 1/сут;

$K_N$  — коэффициент, равный половине максимальной скорости окисления аммония, принимаемый от 0,5 до 1 мг/л;

$\Theta$  — температурный коэффициент, принимаемый от 1,08 до 1,13;

$N$  — требуемая концентрация аммония на выходе из аэротенка, мг/л;

$K_d$  — коэффициент распада нитрифицирующих бактерий, принимаемый от 0,04 до 0,12 1/сут.

При расчёте возраста активного ила учитывается температура сточной воды в зимнее время года, при этом не обозначаются значения температур, при которых формула (5) является действительной. Диапазон температур от 4 °С до 30 °С указан только для формулы Аррхениуса (6).

$$K_T = K_{20} \Theta^{(T-20)} \quad (6)$$

где:

$K_T$  — коэффициент реакции при температуре  $T$ ;

$K_{20}$  — коэффициент реакции при температуре 20 °С, определённый в результате экспериментов;

$\Theta$  — температурный коэффициент;

$T$  — температура реакции, °С.

Данная формула не отражает протекание реакции полной нитрификации, но характеризует удельную скорость биологического окисления.

**Российская Федерация**

Мишуковым и Соловьёвой [6] в 2004 году в методику расчёта СНиП 2.04.03.85 были внесены поправки для возможности её применения при расчёте аэротенков с удалением биогенных элементов (далее по тексту методика СНиП 2.04.03.85 с внесёнными поправками обозначена как модифицированная методика СНиП). В основу расчёта как методики СНиП 2.04.03.85, так и модифицированной ме-

тодики СНиП заложено определение продолжительности периода аэрации. Расчёт ведётся на расход, поступающий в час максимального притока, концентрации аммонийного азота в поступающей и очищенной сточной воде. За расчётную температуру принята среднегодовая температура сточной воды. Тем не менее модифицированная методика СНиП содержит ряд изменений. Первое изменение заключается в том, что негативное влияние процессов ингибирования продуктами активного ила следует учитывать уже при расчёте периода аэрации. Поэтому множитель  $a_i/(1 + \varphi a_i)$  из уравнения для определения удельной скорости окисления был перенесен в формулу расчёта периода аэрации, после чего она приняла следующий вид:

$$t_{atm} = \frac{L_{EN} - L_{EX}}{a_i \cdot (1 - s) \cdot \rho} \cdot \frac{15}{T_w}, \quad (7)$$

где:

$L_{EN}, L_{EX}$  — БПКполн соответственно поступающей и очищенной сточной воды, мг/л

$a_i, s$  — соответственно доза и зольность активного ила, г/л;

$\rho$  — удельная скорость окисления, мгБПКполн/г·ч;

$\varphi$  — коэффициент ингибирования продуктами распада активного ила, л/г.

Второе изменение, относительно кислородного режима, должно опровергнуть факт отсутствия биологических процессов при концентрации кислорода близкой к нулю. В связи с этим расчёт удельной скорости окисления рекомендуется производить с учётом коэффициента активации:

$$\rho = \rho_{max} \frac{K_{II} L_{EX}}{K_{II} K_L + L_{EX}}, \text{ мг БПКполн/г·ч} \quad (8)$$

$$K_{II} = \alpha \frac{K_0 + C_0}{\alpha K_0 + C_0}, \quad (9)$$

где:

$K_{II}$  — коэффициент активации;

$K_0, K_L$  — константа активации и константа, характеризующая свойства органических веществ, мг БПКполн /л;

$C_0$  — средняя по длине коридоров концентрация кислорода, мг/л;

$\rho_{max}$  — максимальная скорость окисления, мгБПКполн/г·ч.

В результате многочисленных экспериментов была установлена максимальная скорость окисления равная 33,3 мгБПКполн/г·ч, которая в 2,5 раза меньше рекомендуемой методикой СНиП. Значения  $K_0$  и  $\alpha$  в соответствии со СНиП равны соответственно 1,2 мг/л и 6 мг/л. Константу  $K_L$  рекомендуется принять в два раза меньшей той, что приведена в СНиП.

Третье изменение заключается в необходимости увязки расчётов с концентрациями аммонийного азота в поступающей и очищенной сточной воде. Для этого следует пересчитать  $L_{EX}$  в соответствии с требованиями на допустимые значения концентраций аммония на сбросе:

$$L_5^{EX} = 0,5L_{20}^{EX} = 24 \left( \frac{C_{NH_4}^{EX}}{C_{NH_4}^{EN}} \right)^{0,45} \quad (10)$$

где:

$C_{NH_4}^{EN}, C_{NH_4}^{EX}$  — концентрация аммония соответственно в поступающей и очищенной сточной воде, мг/л.

Мишуковым и Соловьёвой [6] была также разработана новая методика расчёта азотенков с глубоким удалением биогенных элементов. Расчёт ведётся на расход, поступающий в час максимального притока, концентрации аммонийного азота в поступающей и очищенной сточной воде. За расчётную температуру принята среднегодовая температура сточных вод. В основе расчёта лежит допустимая нагрузка на активный ил ( $H_{i5(15)}$ ), так как данный параметр, по мнению авторов, более точно отражает процессы очистки и факторы, оказывающие непосредственное влияние на процессы очистки.

$$H_{i5(15)} = 0,305 \left( \frac{C_{NH_4}^{EX}}{C_{N_i}^{EN}} \right)^{0,45} \cdot 1,072^{T-15}, \text{ кг/кг-сут.} \quad (11)$$

где:

$C_{NH_4}^{EX}$  — концентрация аммонийного азота в очищенной воде, мг/л;

$C_{N_i}^{EN}$  — концентрация общего азота в очищенной воде, мг/л;

T — среднегодовая температура, °C.

Температурную поправку  $1,072^{T-15}$  возможно применять с максимальной погрешностью в 15 % в диапазоне изменения температуры от 10 °C до 20 °C. За расчётную температуру принимается среднегодовая температура, но при этом значения концентраций аммонийного азота не должны превышать допустимых в зимний период или период паводков.

Нагрузка на активный ил находится в следующем соотношении с объёмом азотенка:

$$H_{i5} = \frac{Q_d L_{EN}}{Va_i}, \text{ кг/кг-сут,} \quad (12)$$

где:

V — объём азотенка, м<sup>3</sup>;

$L_{EN}$  — БПКполн поступающей сточной воды, мг/л;

$Q_d$  — суточный расход сточной воды, м<sup>3</sup>/сут.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЁТА

С целью сравнения и анализа методик расчёта минимального аэробного возраста активного ила, были произведены вычисления для азотенка с концентрациями сточных вод, характерными для Российской Федерации.

Данные были собраны при исследовании более 40 очистных сооружений российских городов, расположенных в различных климатических зонах (Табл. 1).

Таблица 1

### Средние концентрации сточных вод, характерные для сооружений очистки сточных вод в Российской Федерации

Показатель	Значение
ХПК не осветлённой жидкости, мг/л	260
БПК 20 не осветлённой жидкости, мг/л	235
ХПК осветлённой жидкости, мг/л	170
БПК20 осветлённой жидкости, мг/л	150
БПК5 осветлённой жидкости, мг/л	85
Взвешенные вещества осветлённой жидкости, мг/л	110
Аммонийный азот осветлённой жидкости, мг/л	22
Фосфор осветлённой жидкости, мг/л	8
Диапазон температуры сточной воды, °C	3-30

Расчёт был произведён на предельно допустимые концентрации на сбросе в водоём, установленные СанПиН [2].

Для возможности сравнения методики СНиП 2.04.03.85 [1], модифицированной методики СНиП [6], а также методики, разработанной Мишуковым и Соловьёвой [6], первоначально был произведён расчёт объёма азотенка, основанный на определении допустимой нагрузки на активный ил, а затем по формуле (13) вычислен возраст активного ила.

$$t_{TS,aerob} = \frac{Va_i 1000}{Q_d (P_i + C_{B3B})}, \text{ 1/сут} \quad (13)$$

где:

$P_i$  — прирост активного ила, мг/л;

$C_{B3B}$  — концентрация взвешенных веществ в осветлённой воде, мг/л.

$a_i$  — доза активного ила, г/л;

С целью определения минимального аэробного возраста ила для очистных сооружений, расположенных в разных климатических зонах Российской Федерации, расчёт был произведен для температуры сточной воды от 3 °C до 30 °C. Результаты вычислений, представленные на рис. 1 и в табл. 2, свидетельствуют о больших разногласиях при определении минимального возраста ила в различных странах.

Так, например, при средней температуре сточной воды 15 °C для обеспечения процесса нитрификации, в соответствии с модифицированной методикой СНиП [6], требуется возраст ила равный 43,5 суткам, в то время как по бразильской методике [7] только 4,8 суткам. В чём же



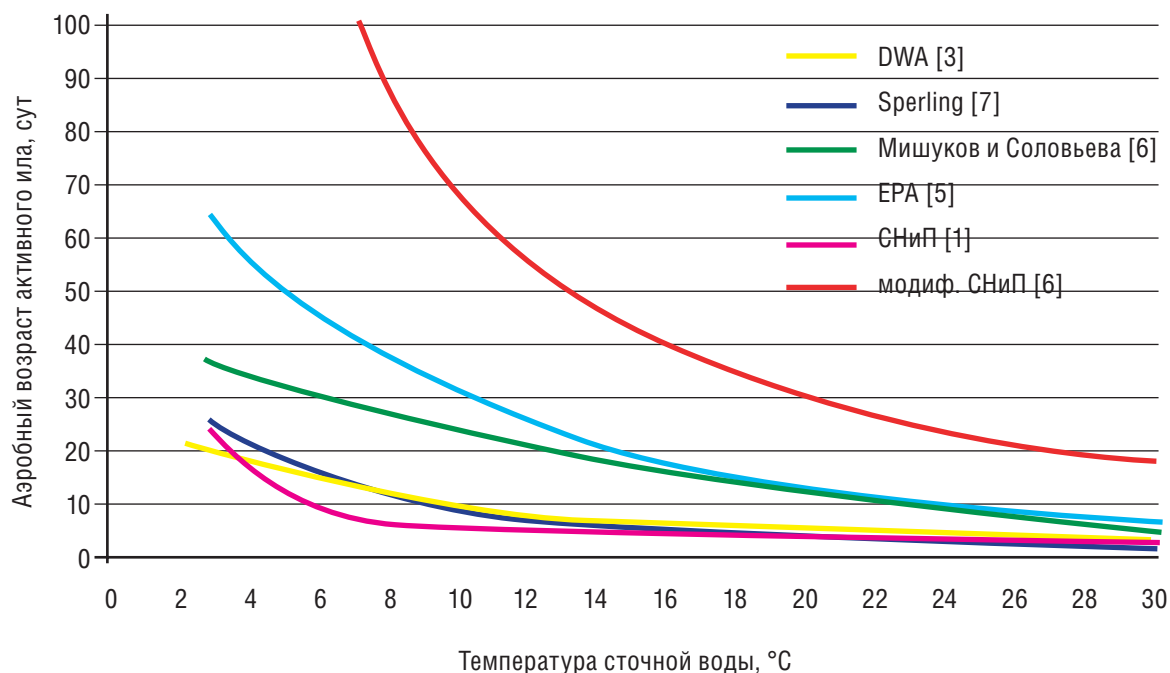


Рис. 1 Минимальный возраст аэробного активного ила в зависимости от температуры сточной воды.

заключается причина расхождения методик расчёта при определении минимального аэробного возраста активного ила?

С одной стороны, на величину аэробного возраста активного ила, определяемого по различным методикам, оказывают влияние такие факторы как:

- расчётная температура;
- требования на предельно допустимые концентрации на сбросе;
- кинетические параметры (максимальная скорость роста нитрификантов, температурный коэффициент и т. д.);
- концентрация кислорода;
- факторы надёжности.

С другой стороны, методика определения минимального аэробного возраста активного ила тесно связана с историей её происхождения и развития. Рассматриваемые методики можно разделить на три основные группы:

- эмпирические методики расчёта, основанные на опыте эксплуатации очистных сооружений (DWA [3], Мишуков и Соловьёва [6]);
- эмпирические методики расчёта с учётом скорости окисления и кинетических коэффициентов (СНиП [1], модифицированная методика СНиП [6]);
- методики расчёта, основанные на кинетике Монод (EPA [5], Sperling [7]).

Наименьший аэробный возраст активного ила требуется из расчётов по немецкой и бразильской методикам. Данный факт объясняется сравнительно высокой скоростью роста нитрификантов и скоростью реакций окисления. Стоит отметить, что в данных странах отсутствует опыт проектирования и эксплуатации сооружений очистки с низкой температурой сточной воды, поэтому формулы расчёта остаются действительными только для температур стоков, свойственных данным странам. По американскому методу расчёта, уже при средней

Таблица 2.

Минимальный возраст аэробного активного ила (сут).

Т, °C	DWA [3]	Sperling [7]	Мишуков [6]	СНиП [1]	EPA [5]	Модиф. СНиП [6]
5	16,31	17,94	32,56	40,67	51,52	150,28
10	9,99	8,769	23,78	16,86	31,56	69,85
15	6,12	4,80	17,37	9,60	19,34	43,50
20	3,75	2,78	12,68	6,45	11,85	30,61
25	2,30	1,66	9,26	5,39	7,26	23,07
30	1,41	1,00	6,76	4,71	4,45	18,17

температуре требуется сравнительно высокий аэробный возраст активного ила, который обусловлен высокими факторами надёжности. При сравнении методик расчёта, разработанных в России, стоит отметить сравнительно высокий возраст активного ила при расчёте по модифицированной методике СНиП [6]. Данный факт связан с заниженной максимальной скоростью окисления.

Что касается существующих очистных сооружений Российской Федерации, рассчитанных для удаления органических и взвешенных веществ по СНиП 2.04.03.85 [1], стоит отметить, что аэробный возраст активного ила, значительно выше того, который требуется по зарубежным методикам для полной нитрификации. Так, например, по СНиП 2.04.03.85 [1] для удаления органических веществ при 15 °С требуется обеспечение аэробного возраста ила равного 9,6 дням, в свою очередь, DWA [3] и M. von Sperling [7] при той же температуре гарантируют протекание полного процесса нитрификации уже при 4,6 до 6,1 днях. Поэтому существует вероятность того, что в существующих аэротенках, рассчитанных на удаление органических веществ, происходит окисление аммонийного азота, по крайней мере во время летних месяцев. Методика профессора Мишукова и Соловьёвой [6] основана на определении максимальной нагрузки на активный ил и приближена к западным методикам расчёта. При возрасте активного ила, определяемого по данной методике, глубокий процесс нитрификации будет обеспечен.

Большое значение на величину минимального аэробного возраста активного ила оказывает выбор расчётной температуры. Данная величина задействована в формулах по определению возраста активного ила во всех рассматриваемых методиках расчёта, но за расчётную температуру приняты различные значения. Так, например, в немецкой методике [3], базирующейся на многолетнем опыте, собранном при эксплуатации очистных сооружений в Германии, Швейцарии и Австрии, где на очистных сооружениях температура сточной воды не опускается ниже 8 °С, за расчётную принимается температура равная 12 °С. Если в течение зимы температура опускается ниже данной отметки, то за расчётную температуру принимается средняя температура сточной воды в течение двух самых холодных недель в году. Опыт эксплуатации аэротенков при низкой температуре в данных странах отсутствует. В требованиях по концентрациям на сбросе не требуется обеспечение процесса нитрификации при тем-

пературе ниже 10 °С [4]. Бразильский метод расчёта минимального возраста активного ила [7] был разработан в стране, расположенной в тропической климатической зоне. Поэтому и в Бразилии опыт расчёта и эксплуатации очистных сооружений при низкой температуре отсутствует. В основу расчёта принимается температура равная 20 °С. В EPA [5] за расчётную температуру принимается наименьшая температура стоков в зимний период года. В методике СНиП 2.04.03.85 [1] и модифицированной методике СНиП 2004 [6] за расчётную температуру принята средняя годовая температура сточной воды. В методике Мишукова и Соловьёвой [6] расчёт также ведётся для среднегодовой температуры, но при этом проверяется выполнение требований по предельно допустимым концентрациям аммонийного азота в очищенной воде во время зимнего периода.

## ВВЫВОДЫ

С целью оценки возможности и целесообразности применения методик расчёта для определения возраста активного ила в России и странах СНГ, в публикации выполнен сравнительный анализ методик, разработанных в Германии, США, Бразилии, а также в России. Для расчёта сооружений очистки в Российской Федерации требуется методика расчёта, применимая для всех регионов страны и учитывающая особенности состава и температуры сточной воды в шести климатических зонах: от субтропической до полярной. Требования на предельно допустимые концентрации на сбросе в водоёмы Российской Федерации дифференцируются не в зависимости от климатической зоны, а в зависимости от типа водотока, принимающего очищенные сточные воды. Поэтому на многих очистных сооружениях Российской Федерации, со сбросом сточной воды в водоёмы высоких категорий, необходимо обеспечить протекание процессов нитрификации в течение всего года. По данным причинам, стоит с осторожностью относиться к применению зарубежных методик определения, как необходимого возраста активного ила, так и объёма аэротенка при расчёте очистных сооружений Российской Федерации. Данные методики расчёта можно применять для проектирования очистных сооружений, расположенных в климатических зонах, схожих с теми, в которых методики первоначально были разработаны.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. СНиП 2.04.03.85 (2001). Канализация. Наружные сети и сооружения. Госстрой России.-М.: ГУП ЦПП.
2. СанПиН 2.1.5.980-00 (2000) Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Утв. в РФ с 22.06.2000.
3. DWA-131 (2000). Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen, Hennef, Deutschland.
4. Abwasserverordnung (2004). Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer AbwV. Vom 17. Juni 2004, Deutschland
5. EPA (1993) Design Manuel for Nitrogen Control U.S. Environmental Protection Agency, Lancaster, Pennsylvania.
6. Мишуков Б.Г., Соловьёва Е.А. (2004). Удаление азота и фосфора на очистных сооружениях городской канализации. Вода и экология, Россия.
7. Von Sperling M., Chernicharo C.A. (2005) Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions. IWA, London, UK.

# СНИЖЕНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ г. БЕРЕЗНИКИ НА ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

**Ширинкина Е.С.**, ассистент кафедры охраны окружающей среды  
Пермского государственного технического университета,  
г. Пермь, Россия

*Город Березники, расположен на северо-востоке Пермского края, численность населения составляет около 174 тыс. человек. Березники — крупнейший промышленный центр Пермского края.*

*Положение города и наличие природных ресурсов определило направление развития отраслей промышленности. Уникальное по запасам и составу Верхнекамское месторождение калийно-магниевых солей, богатейшие месторождения нефти и газа, строительных материалов изначально обозначили развитие города как центра горнодобывающей, химической промышленности, цветной металлургии, строительной индустрии.*

Березники производят сотни видов химической продукции, часто уникальной, выпускают значительное количество калийных удобрений, магния и титана.

Десятки видов продукции экспортируется в разные страны мира. Березники отличаются высокой концентрацией промышленного потенциала. На сегодняшний день в городе работает более 70 крупных и средних предприятий различных форм собственности, от крупных корпораций «Уралкалий», «Ависма» и др. до средних компаний, обеспечивающих промышленность и население города продукцией и услугами.

Город Березники — крупнейший загрязнитель реки Кама. Ежегодно сбрасывается более 50 млн м<sup>3</sup> загрязненных сточных вод, содержащих хлориды, сульфаты, нефтепродукты, кобальт, цинк, ванадий, барий и т.д.

Сточные воды промышленных предприятий поступают в р. Кама через промышленный канал (ПК), выполняющий функцию защиты промышленной зоны г. Березники от подтопления. Промышленный канал представляет собой практически на всем протяжении искусственный канал с прямолинейными участками общей протяженностью 8,9 км, дно и откосы которого выполнены щебнем. Исторически абонентами ПК являлись хозяйствующие субъекты, осуществляющие санкционированное водопользование в виде организованных сбросов сточных вод в канал через собственные водовыпуски. Реально в формировании водного и материального балансов ПК участвуют все земельные участки и находящиеся на них объекты, расположенные в его водосборном бассейне. В целом, в промышленный канал сбрасывают свои воды 180 хозяйствующих субъектов, в том числе 10 промышленных предприятий. Промышленный канал начинается с двух водоотводящих каналов, проходящих вдоль западного и восточного откосов отстойника № 1 («Старого Белого моря»). Восточный отводной канал начинается со сбросов предприятия «Ависма», западный с сифонного сброса из отстойника № 2 «Белое море». В отстойник № 2 сбрасывают стоки ОАО «Березниковский содовый завод» и ООО «Сода-Хлорат» (рис.1).

Водный баланс ПК формируется за счет вод природного (осадки) и антропогенного (сброс сточных вод) происхождения. Формирование ливневого



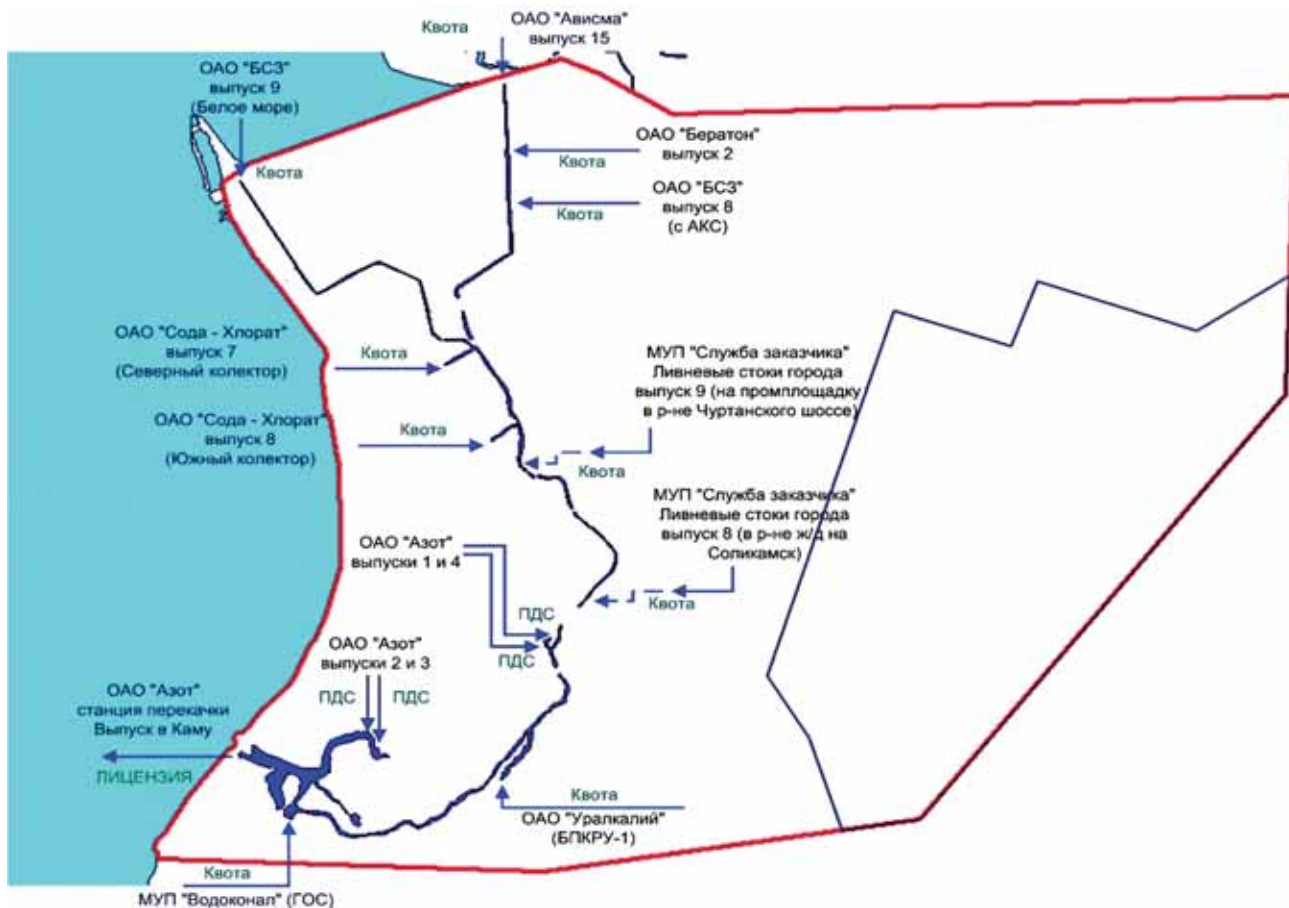


Рис. 1  
Общая схема промышленного канала г. Березники

стока происходит на территории водосборного бассейна ПК (рис. 1). Антропогенный сток формируется за счет сбросов сточных вод в ПК или на территорию его водосборного бассейна предприятиями и организациями, расположенными как на территории водосборного бассейна ПК, так и за его пределами.

Статьи, составляющие водный баланс ПК, отражены в таблице 1.

Водный баланс ПК может быть представлен в виде следующего уравнения:

$$V_{\text{ст. перекач.}} = \pm V_{\text{фильтр. дамбы}} + V_{\text{подзем. вод}} \pm V_{\text{зеркала ПК}} + V_{\text{земель запаса}} + V_{\text{жил. застр.}} + V_{\text{пром. пл.}}$$

Как показали исследования, основная доля (80 %) вод, поступающих в ПК, принадлежит стоку с территорий, занятых промышленными предприятиями.

Промышленный канал выполняет функции дренирования грунтовых вод, приема поверхностного стока, приема и транспортировки сточных вод к станции перекачки, осаждения загрязняющих веществ.

Кроме того, в русле ПК происходят процессы химической трансформации соединений. В результате экологического аудита ПК было установлено, что в ПК остается масса загрязняющих веществ равная 227,9 тыс. тонн/год. При этом в русле ПК оседает до 98 % поступающих со стоками взвесей. Основным источником поступления

взвешенных веществ являются сточные воды промышленных предприятий. Ежедневно со сточными водами промышленных предприятий в ПК поступает от 30-40 т/сутки взвешенных веществ, в связи с чем, происходит заиливание дна ПК. Таким образом, эффективная работа ПК как комплекса гидротехнических сооружений нарушена, поскольку заиливание дна, во-первых, уменьшает рабочий объем канала, во-вторых, увеличивает скорость течения воды, тем самым уменьшая время осаждения и нейтрализации загрязняющих веществ.

Перекачивание воды, содержащей большое количество взвешенных веществ, приводит к преждевременному абразивному износу насосов станции перекачки и повышает вероятность их аварийной остановки.

Система рассеивающего выпуска в р. Кама значительно занесена твердым осадком, что приводит к нарушению условий рассеивания и превышению давления в трубопроводах, а также заиливанию дна р. Кама.

Для снижения рисков, связанных с аварийными ситуациями, возникающими при эксплуатации гидротехнических сооружений западной промышленной зоны г. Березники, необходимо проведение ряда мероприятий позволяющих, во-первых, восстановить, во-вторых, обеспечить нормативную и экологически безопасную эксплуатацию ПК и станции перекачки № 2 ОАО «Азот» (СП № 2).

Таблица 1.

**Характеристика составляющих водного баланса промышленного канала**

Статья водного баланса	Тип сточных вод	Обозначение статьи (приход (+), расход (-))
<b>1. Сток с промплощадок:</b> 1.1. Организованный сброс в ПК 1.2. Организованный сброс в природные объекты (рельеф, водо-токи, грунтовые воды) на территории водосбора ПК 1.3. Организованный сброс в городской коллектор 1.4. Организованный сброс в природные объекты (рельеф, водо-токи, грунтовые воды) за территорией водосбора ПК 1.5. Неорганизованный сброс в природные объекты (рельеф, водо-токи, грунтовые воды) на территории водосбора ПК	Промышленные сточные воды Ливневые воды Подземные воды	$+V_{\text{пром. пл.}}$
<b>2. Сток с площадей под жилой застройкой:</b> 2.1. Сброс ливневых вод в городской коллектор 2.2. Сброс ливневых вод в природные объекты (рельеф, водотоки) на территории водосбора ПК 2.3. Сброс ливневых вод в природные объекты (рельеф, водотоки) за территорией водосбора ПК	Ливневые воды Полив/мойка территории города Подземные воды	$+V_{\text{жил. застр.}}$
<b>3. Сток с земель запаса</b> 3.1. Водоемы общего пользования 3.2. Лес и лесонасаждения 3.3. Дороги и проезды 3.4. Болота 3.5. Самоизлив скважин, находящихся за территорией предприятий 3.4. Луга 3.6. Овраги и прочие неудобья 3.7. Прочее (огороды) 3.8. Земли без владельца	Ливневые воды Подземные воды	$+V_{\text{земель запаса}}$
4. Сток с зеркала ПК	Ливневые воды	$\pm V_{\text{с зеркала ПК}}$
5. Фильтрация из р.Кама в ПК через дамбу/ фильтрация из ПК в р.Каму через дамбу		$\pm V_{\text{фильтр. дамбы}}$
6. Поступление подземных вод в ПК		$+V_{\text{подзем. вод}}$
7. Организованный выпуск через станцию перекачки		$-V_{\text{ст. перекач.}}$

Весь комплекс необходимых мероприятий можно условно разделить на 2 этапа:

**Этап I:** Безопасная эксплуатация ПК;

**Этап II:** Долгосрочные мероприятия.

Первый этап мероприятий включает в себя периодические работы по очистке русла ПК и ковша станции перекачки от донных отложений, установку измерительного оборудования на выпусках абонентов ПК, капитальный ремонт СП № 2, осуществление экологического мониторинга.

Очистка ПК от донных отложений необходима, прежде всего, для того, чтобы восстановить его дренирующую способность, а также улучшить функции по приему и транспортировке поверхностного стока и сточных вод к станции перекачки и осадению загрязняющих веществ.

Капитальный ремонт оборудования станции перекачки (СП № 2) обеспечит ее безопасную эксплуатацию. Восстановительные и ремонтные работы должны затро-

нуть все функциональные узлы станции перекачки, обеспечивающие ее безаварийную работу, к ним относятся: здание, ковш, насосы и оборудование, коммуникации, рассеивающий выпуск в р. Кама.

Безопасная эксплуатация комплекса гидротехнических сооружений ПК не возможна без точного учета образующихся на предприятиях-абонентах объемов сточных вод и количества загрязняющих веществ. Решить эту задачу можно с помощью установки измерительного оборудования на выпусках, позволяющего производить замеры с погрешностью не более 5 %.

Отбор проб для оценки качества сточных вод предприятий, сбрасываемых в ПК, а также через станцию перекачки (СП № 2) в р. Кама и их анализ, рекомендуется проводить с периодичностью:

— ведомственный контроль сточных вод на предприятиях силами собственных санитарно-промышленных лабораторий — не менее 3 раз в месяц;

— вневедомственный контроль силами независимых аккредитованных лабораторий, не менее 2 раза в год.

Необходимо организовать мониторинговые наблюдения на выпусках ливневых вод, сбрасываемых в ПК.

На организованных выпусках ливневых вод (с площадей водосбора старых русел р. Толыч и р. Чуртанчик) с периодичностью 1 раз в месяц (но не менее 7 раз в год в основные гидрологические фазы).

На неорганизованных выпусках ливневых вод вдоль железной дороги и перед очистными сооружениями МУП «Водоканал» — с привлечением аккредитованной независимой лаборатории, с периодичностью отбора не менее 4 раз в месяц.

С целью контроля сбросов сточных вод предприятий, рекомендуется также проводить отборы проб и измерять расходы в контрольных створах непосредственно в ПК.

Для оценки влияния сбросов сточных вод на р. Кама мониторинговые наблюдения за качеством вод должны проводиться в фоновом и контрольном створах.

Фоновый створ устанавливается на расстоянии, которое исключает возможность влияния сбросов сточных вод из ПК на р. Кама и в то же время позволяет учесть влияние стоков всех вышележащих источников загрязнения. Фоновый створ рекомендуется установить на расстоянии 1,2 км от станции перекачки (890 км от устья р. Кама).

Контрольный створ при рассеивающем выпуске устанавливается в зоне начального разбавления сточных вод. Зона начального разбавления — относительное расстояние между оголовками рассеивающего выпуска.

Поскольку сброс сточных вод из ПК в р. Кама производится через рассеивающий выпуск, то в фоновом и контрольном створах отбор проб осуществляется не менее чем в 2 вертикалях (равномерно по длине рассеивающего выпуска).

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. Л.: Гидрометеоздат, 1990 г. — 293 с.
2. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. — Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2003 — Т. 2 / А.С. Тимонин. — 2003. — 881 с.

вающего выпуска). Число горизонтов на вертикали 2 (на поверхности и 0,5 м от дна).

На втором этапе работ в качестве долгосрочных мероприятий необходимо предусмотреть, наряду с периодической очисткой ПК от донных отложений и проведением экологического мониторинга, проведение работ по строительству станции перекачки № 3 (СП № 3), а также реконструкцию очистных сооружений абонентов ПК.

Необходимость строительства СП № 3 обусловлена тем, что капитальный ремонт СП № 2 продлит срок ее службы на 20 лет, и по истечении этого срока неизбежно возникнет вопрос о новой станции перекачки. Кроме того, СП № 2 даже после проведения капитального ремонта не будет отвечать современным требованиям, предъявляемым к подобным объектам.

Реконструкция очистных сооружений абонентов позволит сократить антропогенную нагрузку на ПК за счет снижения концентраций загрязняющих веществ в стоках. В частности, предприятием «Ависма» ведутся работы по реконструкции очистных сооружений, в результате чего снижаются концентрации взвешенных веществ в сбросах предприятия. Новая технология очистки производственных сточных вод включает стадии механической очистки и усреднения стоков; нейтрализации, обезвреживания и осветления стоков; механического обезвоживания осадка. Влажность осадка после обезвоживания составляет 70–75%. Осадок загружается в самосвалы и транспортируется на подготовленные специальные карты полигона отходов.

Таким образом, проведение комплекса восстановительных и долгосрочных мероприятий обеспечит эффективное функционирование ПК, как гидротехнического сооружения, и его дальнейшую экологически безопасную эксплуатацию, а значит и снижение негативного воздействия на водные объекты г. Березники.

## БЕГУЩЕЙ СТРОКОЙ

### В РОССИИ РАСХОДЫ НА ОТОПЛЕНИЕ ЖИЛЬЯ ЕЖЕГОДНО БУДУТ РАСТИ НА 12 МЛРД КВТЧ

Энергоэффективные материалы для «малоэтажки» позволят экономить 3 млрд кВтч в год. Об этом сообщила на международной конференции «Moscow 2008 Green Buildings Conference» президент Национального агентства малоэтажного и коттеджного строительства Елена Николаева. Сегодня ежегодные расходы на отопление зданий в России составляют 240 млн тонн условного топлива, что составляет около 20% затрат отечественных энергоресурсов. При поставленной Президентом задаче довести к 2010 году строительство общего объема жилья до 100 млн кв. м (доля малоэтажного сектора при этом составит до 60%), расходы на отопление ежегодно будут расти на 12 млрд кВтч первичной энергии или около 1 млн тонн условного топлива.

По данным Американского совета по экологии зданий, экологически чистые или «зеленые» здания в среднем потребляют на 40% меньше энергии и на 50% меньше воды, чем их традиционные аналоги. При строительстве «зеленых» зданий используются экологически устойчивые и возобновляемые материалы. Их эффективность повышается в течение всего жизненного цикла здания благодаря улучшенной конструкции, более совершенным методам строительства, эксплуатации, обслуживания и сноса. В результате, такие здания выделяют в атмосферу значительно меньше парниковых газов по сравнению с традиционными домами, качество воздуха внутри их помещений лучше и, к тому же, они способствуют сохранению природных ресурсов.

В России уже начались разработки экологически устойчивых зданий, которые будут отвечать мировым экологическим стандартам и жестким требованиям, предъявляемым к охране окружающей среды.

# СИСТЕМА БИОМОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОДЫ ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ И СИСТЕМЫ ДОЗИРОВАНИЯ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ КАК ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ГУП «ВОДОКАНАЛ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА»

**Бекренев А.В., Кинебас А.К.** ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»,  
**Холодкевич С.В.** Санкт-Петербургский НИЦ экологической безопасности РАН,  
 Санкт-Петербург, Россия  
**Лобанов Ф.И.** ООО «Ашленд Евразия», Москва, Россия

*Экологическая безопасность источников поверхностного водоснабжения в значительной мере зависит от оперативности обнаружения аварийных ситуаций, в том числе и чрезвычайных, их количественной оценки и локализации. Разработка и внедрение на водопроводных станциях методов и технических средств для раннего выявления загрязнения вод источника токсичными веществами занимают важное место в решении практических задач по обеспечению экологической безопасности водоснабжения населения. Своевременное выявление возможности чрезвычайных ситуаций необходимо для полной или частичной ликвидации последствий таких ситуаций, влияющих на жизнь и здоровье людей.*

## ПРИЧИНЫ И ЦЕЛИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В ГУП «ВОДОКАНАЛ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА»

В ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» разработана Система обеспечения безопасности водоснабжения в условиях обнаружения токсичных веществ (СОБВУОТВ) в воде водозаборных сооружений водопроводных станций. Система функционирует в целях своевременного обнаружения и индикации токсичных веществ, а также для принятия экстренных мер по организации безопасного водоснабжения населения и защите работников водопроводных станций от токсичных веществ.

### Система включает в себя следующие элементы:

- станции производственного биологического мониторинга качества воды (СПБМКВ) водоисточника на основе метода вариационной пульсометрии раков и моллюсков;
- автоматические станции непрерывного экологического мониторинга АС-НЭМ-2;
- системы сорбционного удаления токсичных веществ из воды с использованием порошкообразных сорбентов;
- лабораторное оборудование для проведения полуколичественного экспресс-анализа токсичных веществ в химико-бактериологических лабораториях водопроводных станций;
- комплекс технических средств и организационных мероприятий по экстренному отбору и анализу проб воды при обнаружении опасности загряз-



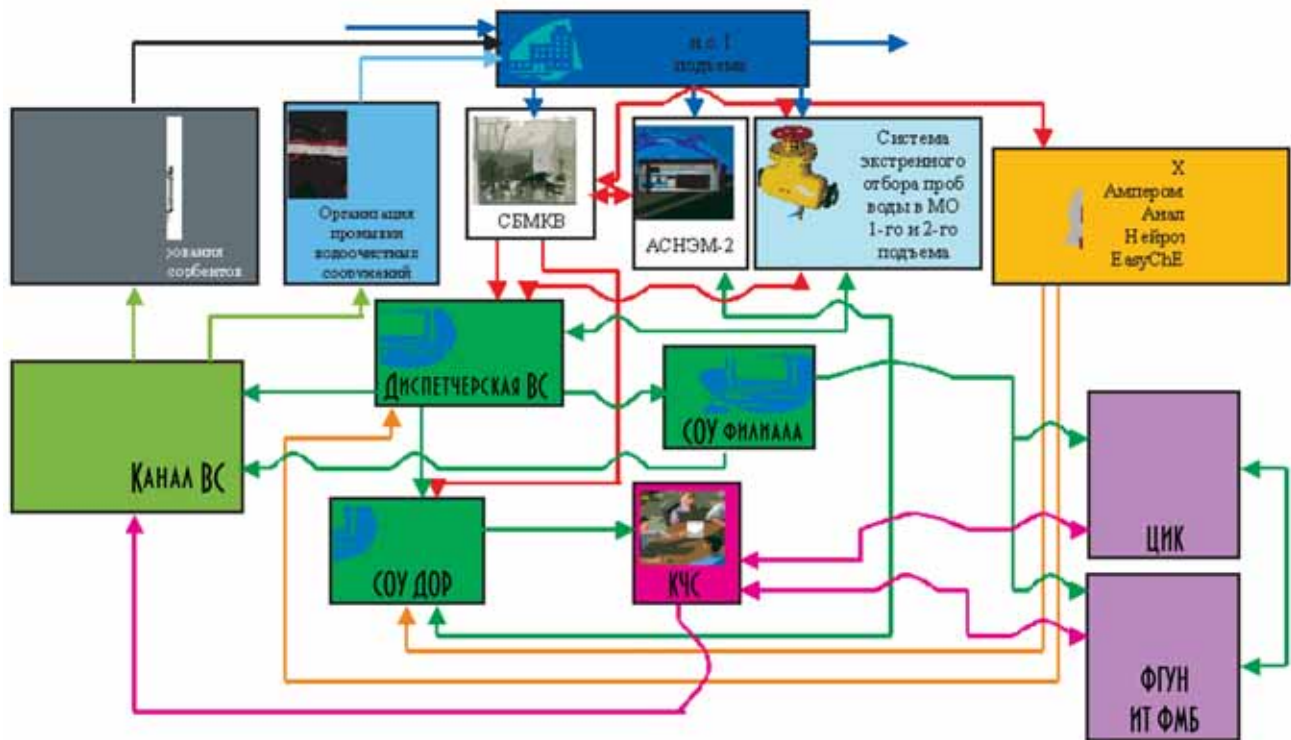


Рис. 1. Схема системы обеспечения безопасности водоснабжения в условиях обнаружения токсичных веществ в сырой воде

нения токсичными веществами воды, поступающей на водопроводную станцию, в специализированных организациях.

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФУНКЦИОНИРОВАНИИ СОБВУОТВ

Схема функционирования СОБВУОТВ в ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» представлена на рис. 1.

При регистрации присутствия токсичных веществ в воде водозаборных сооружений водопроводных станций соответствующий сигнал от СБМКВ передается в диспетчерскую водопроводной станции и в Центральную диспетчерскую предприятия (находится в составе Службы оперативного управления Департамента по оперативной работе Предприятия). Одновременно выполняется автоматический отбор проб воды на сооружениях первого и второго подъема. Отобранные пробы экстренно доставляются в Химико-бактериологическую лабораторию водопроводной станции, где выполняется определение нейротоксинов. Служба оперативного управления филиала, в составе которого находится водопроводная станция, получив соответствующую информацию от диспетчерской водопроводной станции, организует доставку отобранных проб воды в специализированные сторонние организации — ЗАО «Центр исследования и контроля воды» и в Федеральное государственное унитарное предприятие «Институт токсикологии», где производится выполнение детальных определений, в том числе, на общую токсичность, наличие цианид-ионов и присутствие неизвестных заранее органи-

ческих веществ по методу пробы неизвестного состава.

Вся информация поступает в Комитет по чрезвычайным ситуациям предприятия, который при подтверждении данных о наличии в воде первого подъема токсичных веществ принимает решение о прекращении подачи воды на сооружения водоочистки. При этом насосные агрегаты машинного отделения первого подъема продолжают работать, за счет чего с помощью переключения задвижек осуществляется промывка резервуаров и водоводов сооружений первого подъема. При обнаружении токсичных веществ в воде очистных сооружений прекращается подача воды водопроводной станцией в город.

Организуется периодический повторный отбор проб воды на сооружениях первого и второго подъема. При отсутствии токсичных веществ Комитет по чрезвычайным ситуациям предприятия принимает решение о возобновлении подачи воды от водозаборных сооружений на сооружения второго подъема (и/или о подаче воды в город). С целью обеспечения полной безопасности при возобновлении обработки воды первого подъема на водопроводной станции осуществляется дозирование в подаваемую воду порошкообразных сорбентов. Данная мера позволяет сорбционно извлечь в твердую фазу остатки токсичных веществ, которые могут оставаться в воде сооружений первого подъема, и в дальнейшем удалить их на стадии фильтрования воды.

Из представленной схемы видно, что основными элементами системы, обеспечивающей безопасность водоснабжения при поступлении токсичных веществ в воду водозабор-



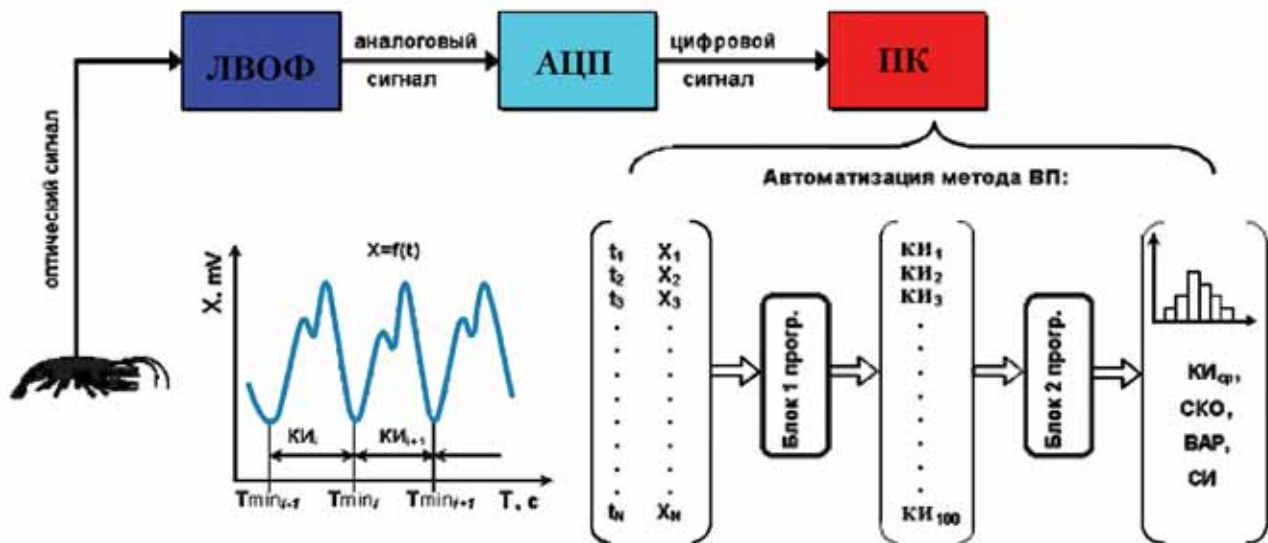


Рис. 2

Блок-схема отведения и регистрации кардиоактивности рака. Ниже представлены основные этапы математической обработки выборки кардиоритмов (обычно не менее 100) для получения характеристик вариационной пульсометрии: средняя величина кардиоинтервалов  $KИ_{ср}$ , среднее квадратичное отклонение  $СКО$ , вариационный размах  $ВАР$  и стресс-индекс  $СИ$ .

ных сооружений, являются СПБМКВ и системы сорбционно-го удаления токсичных веществ. Ниже будут рассмотрены особенности работы этих элементов СОБВУОТВ.

### ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОДЫ ВОДОИСТОЧНИКА

Основу действия СПБМКВ составляет анализ вариативности сердечного ритма и поведенческих характеристик аборигенных гидробионтов — бентосных беспозвоночных, имеющих жесткий панцирь (речных раков), например, Crustacea (Decapoda) и Mollusca, а также рыб. Работа биоаналитического блока СПБМКВ основана на анализе вариативности сердечного ритма раков и поведенческих характеристик рыб и позволяет, в отличие от физико-химических методов, интегрально выявлять уровень токсикологической опасности воды, как среды обитания гидробионтов. Диагностика функционального состояния животных-«мишеней» проводится с использованием адаптированного для беспозвоночных животных метода вариационной пульсометрии.

Аборигенные организмы, выбранные в качестве биоиндикаторов, могут выполнять функцию экологической «мишени» для интегральной оценки опасности загрязнения поверхностных вод. Однако по отношению к конкретизации вредных воздействий (ВВ), сами по себе они выполняют только роль оперативных сигнализаторов (релизеров) для последующих решений о виде (типе) ВВ с помощью аналитических возможностей физико-химического методов анализа воды.

**Кардиосистема** — важнейшая система жизнеобеспечения животных. Она весьма быстро реагирует на изменения качества среды обитания. Учитывая это, в 1999

году в лаборатории экспериментальной экологии водных систем НИЦЭБ РАН был разработан и к настоящему времени прошел опытную проверку волоконно-оптический метод долговременной, неинвазивной регистрации активности сердца бентосных беспозвоночных: Decapoda и Mollusca. Разработанный метод позволяет проводить дистанционный (до сотен метров) контроль функционального состояния животных.

Диагностика функционального состояния животных-«мишеней» по активности сердца проводится методом вариационной пульсометрии, который позволяет исследовать общую вариативность сердечного ритма. Этот метод был разработан и довольно успешно применяется в космической медицине для оценок «степени здоровья» космонавтов и динамики изменения состояния их кардиосистемы в периоды отбора, предполетной подготовки и работы на орбите.

Информация о состоянии организма выводится к расположенному на поверхности воды или на берегу регистрирующему устройству с помощью тонкого оптического волокна, которое практически не мешает жизнедеятельности наблюдаемого животного. Поэтому данный физиологический метод является перспективным для практической реализации непрерывного длительного биомониторинга качества поверхностных вод в реальном времени путем включения живого организма в качестве биосенсора в состав станций типа АСНЭМ-1.

Сущность метода заключается в изучении закона распределения кардиоинтервалов (временных интервалов между двумя соседними циклами кардиоритма) как случайных величин в исследуемом ряду их значений. При этом строится вариационная кривая (гистограмма), отражающая вероятностное распределение кардиоинтервалов в анализируемой выборке кардиоритмов.

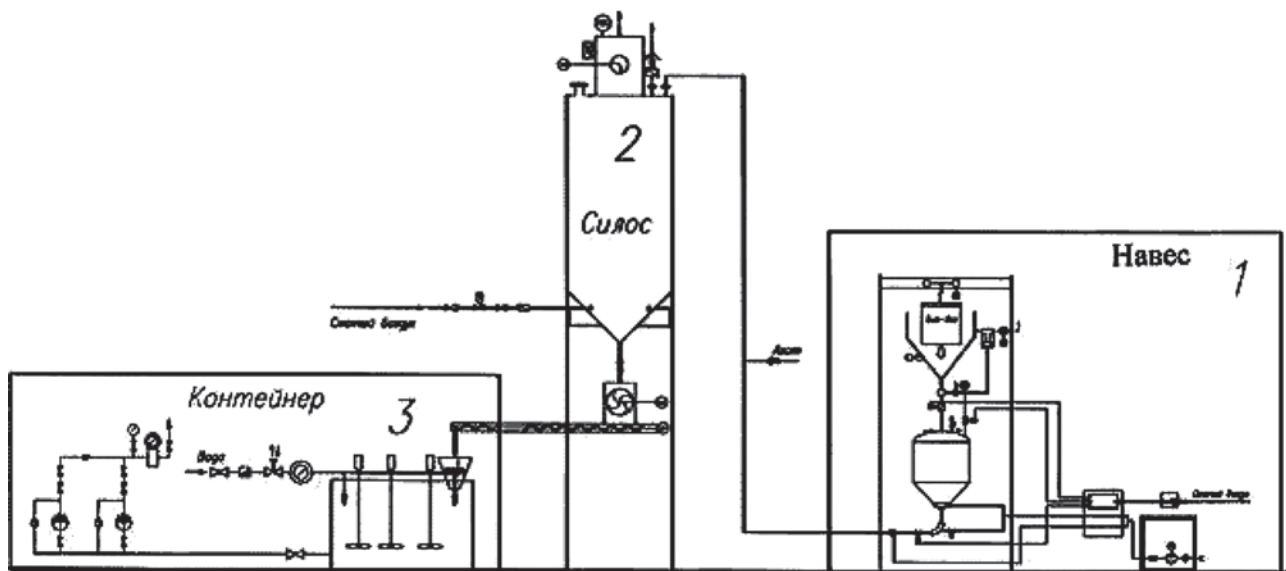


Рис. 3. Принцип работы системы дозирования ПАУ

По гистограмме математическими методами вычисляют числовые характеристики и индексы вариационной пульсометрии.

Блок-схема установки для регистрации кардиоактивности бентоносных беспозвоночных, а также основные этапы математической обработки выборки кардиоритмов (обычно не менее 100) для получения характеристик вариационной пульсометрии представлены на рис 2.

Важной задачей, требующей решения в целях обеспечения надежной работы СПБМКВ, является необходимость уменьшения числа ложных срабатываний станций СПБМКВ.

Под ложным срабатыванием понимается резкое изменение физиологического состояния биоиндикаторов, не связанное с опасным изменением качества воды, которое привело к выработке сигнала тревоги. Оценка физиологического состояния животных проводится на основе измерения и анализа нескольких показателей варибельности сердечного ритма — биомаркеров. Для каждого из биомаркеров, измеряемых станцией СПБМКВ, устанавливается свой пороговый уровень, превышение которого вызывает выработку сигнала тревоги. Если пороговый уровень установить высоким, то чувствительность системы уменьшается, т.к. степень стресса животного должна быть достаточно высокой для преодоления порогового значения, что в свою очередь может быть обусловлено только загрязнением высокой токсичности. Если же установить его низким, то сигнал тревоги будет срабатывать из-за любого незначительного возбуждения биосенсора, не связанного с опасным изменением качества воды. Таким образом, возникает проблема

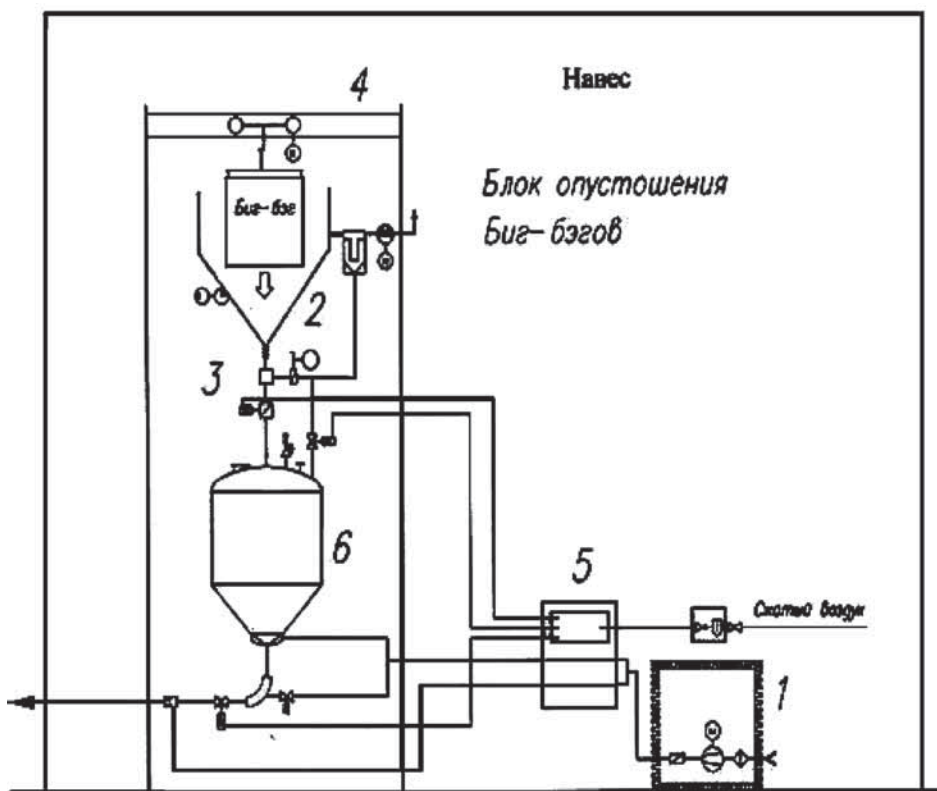


Рис. 4. Схема блока разгрузки ПАУ

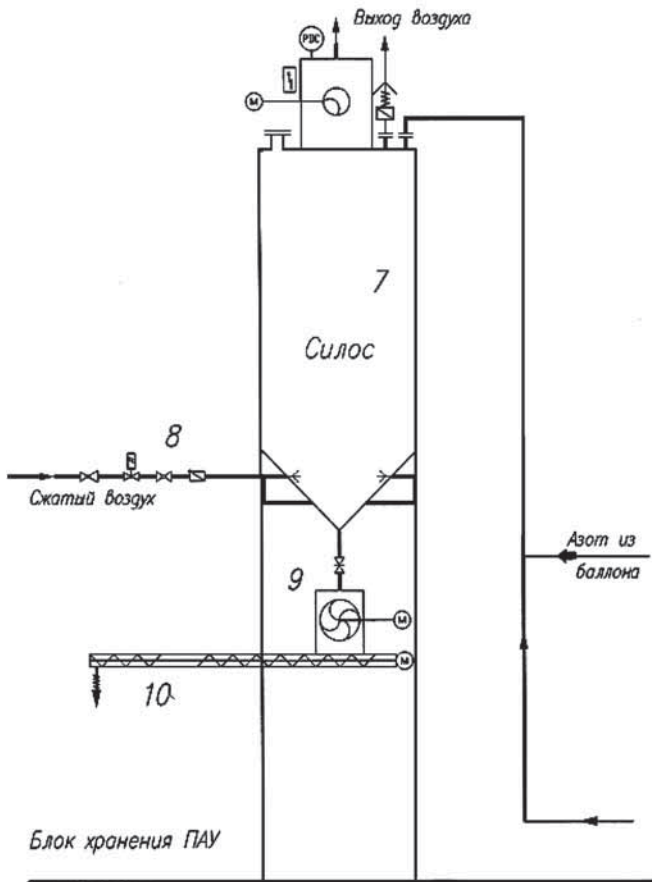


Рис. 5  
Схема устройства силоса для разгрузки и хранения ПАУ

выбора пороговых значений биомаркеров и алгоритмов обработки информации, так чтобы, с одной стороны, чувствительность системы была достаточной для выявления опасных загрязнений, а с другой, чтобы частота ложных срабатываний была минимальной. Опыт эксплуатации станций и накопленный банк данных позволили определить алгоритм установки пороговых значений параметров вариационной пульсометрии на станции СПБМКВ.

#### ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ВОДЫ ВОДОИСТОЧНИКА

Ликвидация последствий залповых попаданий токсичных веществ на водозаборы водопроводных станций вследствие техногенных катастроф или террористических акций требует использования систем дозирования порошкообразных сорбентов с целью удаления остатков токсичных веществ, которые могут содержаться в воде водозаборных сооружений даже тогда, когда принято решение о возобновлении подачи воды на очистные сооружения водопроводной станции. Такие системы в настоящее время установлены на сооружениях первого подъема четырех городских и пяти пригородных водопроводных станций — всех водопроводных станций Санкт-Петербурга, осуществляющих забор

воды из поверхностных источников. В качестве порошкообразного сорбента в настоящее время рассматриваются порошкообразные активированные угли (ПАУ), хотя установленное оборудование не исключает возможности использования и сорбентов иной природы. Внедрение систем дозирования ПАУ было выполнено в период с июня по ноябрь 2006 г.

Система дозирования активированного угля состоит из оборудования, предназначенного для приготовления и дозированной подачи раствора активированного угля (суспензии, пульпы) заданной концентрации в напорные трубопроводы сырой воды насосной станции первого подъема.

#### ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ ДОЗИРОВАНИЯ ПАУ НА ПРИМЕРЕ СВС

Автоматизированная система дозирования ПАУ состоит из 3-х блоков (Рис. 3):

- 1) Блок опустошения биг-бэгов смонтирован под навесом. Блок состоит из грузоподъемного устройства с системой опустошения. Всё оборудование блока изготовлено во взрывозащищённом исполнении.
- 2) Блок хранения активированного угля состоит из бункера для хранения (силоса), объемом 75 м<sup>3</sup>. Блок оборудован накопительной емкостью, системой пневматической перекачки угля и шнековым транспортером дозатором. Все оборудование выполнено во взрывозащищённом исполнении.
- 3) Блок приготовления и дозирования установлен в контейнере общим размером (Д x Ш x В) 12000 x 2400 x 2600 мм с системой отопления, вентиляции и кондиционирования.

Сухой активированный уголь доставляется подрядной организацией со складов хранения или же непосредственно от производителя на водопроводную станцию.

Привезённые биг-бэги массой 600 кг разгружаются под навес в непосредственной близости от кран-балки [4] (Рис. 4). Оператор крепит биг-бэг к подъёмной раме, поднимает его и опускает на приёмную воронку [2]. Горловина биг-бэга насаживается на приёмный конус накопительной емкости [6] и зажимается специальным механизмом для достижения полной герметичности. Горловина развязывается, и активированный уголь падает на задвижку [3]. После открытия задвижки активированный уголь поступает в накопительную емкость. После заполнения емкости, активированный уголь с использованием пневмотранспортного метода перекачивается в силос [7]. После опустошения емкости включается вентилятор и отсасывает воздух из биг-бэга, после чего он сжимается и может быть снят с горловины накопительной емкости. На крюк кран-балки крепится следующий биг-бэг и процесс опустошения повторяется.

Перекачивание ПАУ осуществляется с использованием компрессора [1] и инжектора для сухого вещества.

Производительность системы составляет 2500 кг/час с учётом смены тары. На зачатку полного силоса с нулевой отметки необходимо около 18-ти часов. В

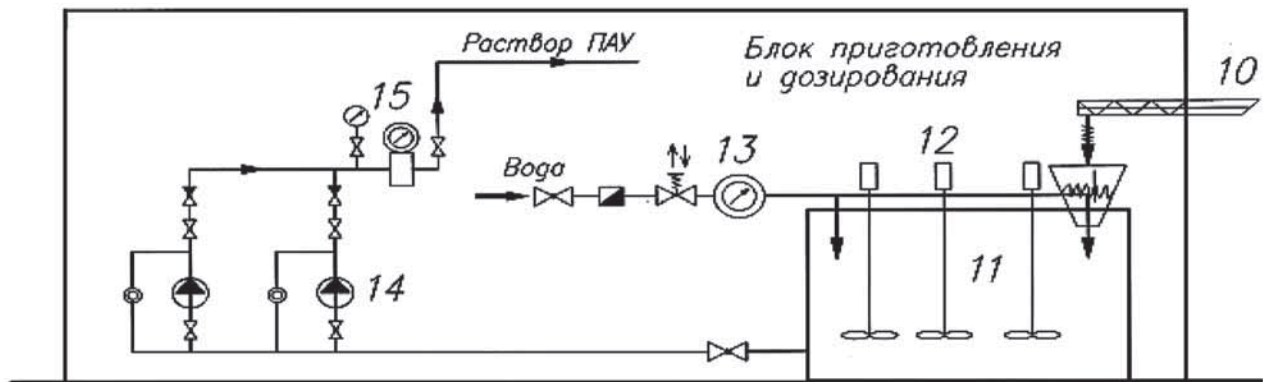


Рис. 6  
 Схема дозирования ПАУ на Северной водопроводной станции

дальнейшем закачка производится при опустошении силоса на 50 % и составляет около 9-ти часов.

Силос (рис. 5) используется для хранения ПАУ. Для предотвращения слеживания предусмотрено устройство для встряхивания ПАУ [8]. Сжатый воздух от компрессора подается через форсунки, расположенные в нижней части силоса, таким образом достигается постоянное встряхивание активированного угля. Избыточный воздух стравливается через фильтр-клапан на силосе.

При заполнении силоса на 100 %, по сигналу уровня, закачка углем прекращается.

Подача сжатого воздуха от компрессора в пневмопровод и управление пневматическими клапанами осуществляется через пневматический шкаф [5].

Из силоса активированный уголь через лопастной дозатор [9] подается шнековым транспортером [10] в ёмкость приготовления.

Приготовление суспензии происходит по следующей схеме. Заданное количество ПАУ подается в известное

количество воды (Рис.6). Сухой ПАУ подается шнековым дозатором [10] из силоса в камеру смешения, пропорционально количеству воды, поступающего в ёмкость приготовления [11], которое замеряется контактным расходомером [13]. В ёмкости готовится угольная суспензия с максимальной концентрацией 10 %. Расход сухого ПАУ в этом случае 600 кг на 6000 литров раствора.

Насосы-дозаторы [14] дозируют раствор ПАУ в водоводы пропорционально расходу исходной воды. Расход раствора контролируется расходомерами [15].

Вся система работает в автоматическом режиме по заданным значениям концентрации раствора ПАУ и дозе ПАУ в обрабатываемой воде. Внешний вид установки представлен на рис. 7.

Разработанная в ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» СОБВУОТВ полностью обеспечивает выполнение комплекса мероприятий по предотвращению возможности загрязнения водопроводной воды города токсичными веществами.



Рис. 7  
 Установка приготовления и дозирования ПАУ

## РЕАЛИЗАЦИЯ НАИЛУЧШИХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАМКАХ РЕКОНСТРУКЦИИ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СОЛИКАМСКОГО ЦБК

**Е.М. Крючихин, А.Н. Николаев, Н.А. Жильникова**  
ЗАО «КРЕАЛ», Санкт-Петербург, Россия

*Долгое время целлюлозно-бумажная промышленность в России считалась отраслью, оказывающей наиболее негативное воздействие на окружающую среду. Одна из главных причин такой ситуации — отсутствие достаточного финансирования для технического совершенствования и реконструкции производства. Поэтому ЦБП России по удельному потреблению бумаги и картона занимала место значительно ниже среднего мирового уровня. В последние годы целлюлозно-бумажная отрасль в России динамично развивается и стремится к интеграции в международное экономическое пространство, что требует от предприятий вложения больших инвестиций на приведение технологии производства и продукции к международным экологическим стандартам.*

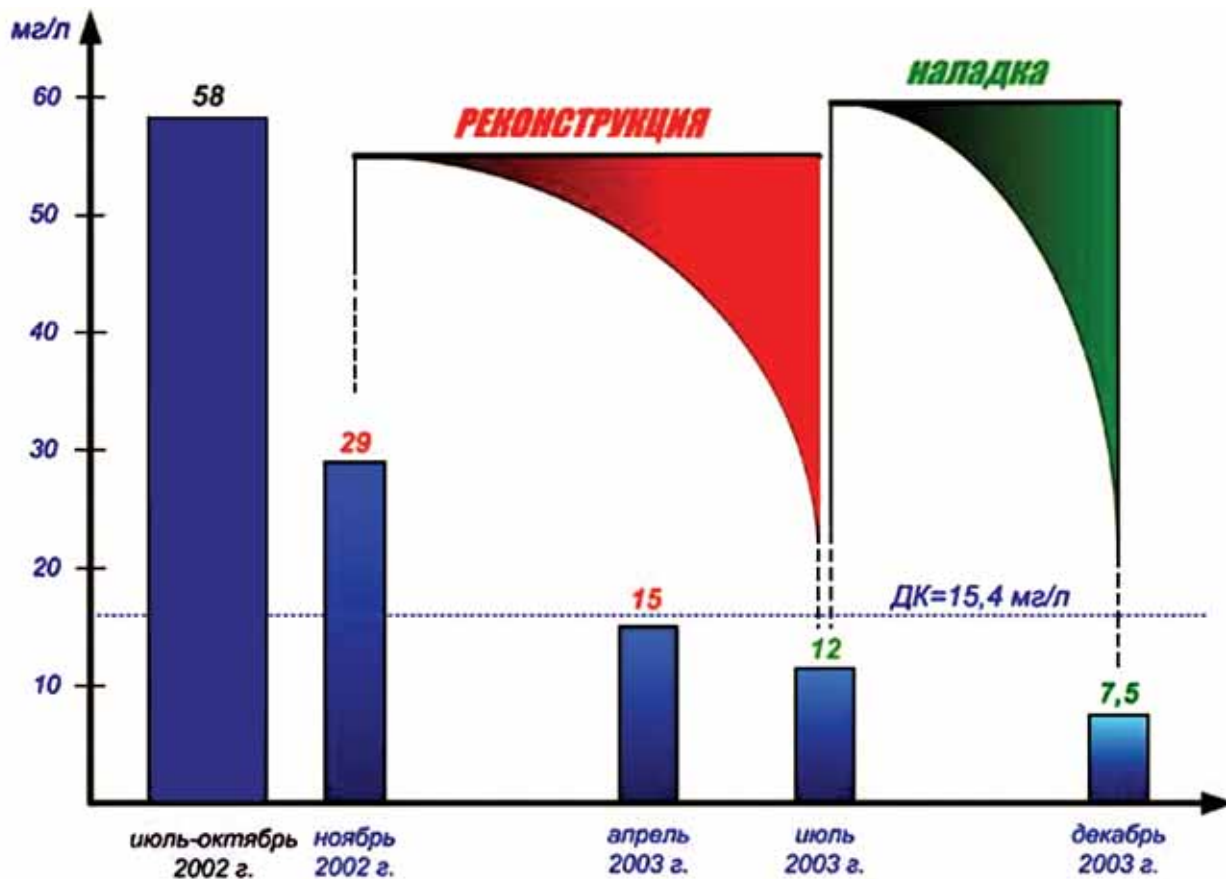


С другой стороны, все предприятия ЦБП имеют очистные сооружения с большим запасом мощности, требующие не столь значительных затрат на их модернизацию. В этой связи наиболее оптимальным подходом для обеспечения нормативов сброса как в соответствии с российскими нормативными требованиями, так и по удельным показателям загрязнений, является, главным образом, реконструкция существующих очистных сооружений.

Примером такого подхода может служить Соликамский ЦБК, вкладывающий значительные инвестиции в техническое перевооружение и реконструкцию, как основного производства, так и очистных сооружений. С 2001 года на предприятии реализуется «Программа охраны окружающей среды и рационального природопользования на 2001–2005 гг.» с целью снижения негативного воздействия на окружающую среду, с общим объемом финансирования более 2 млрд рублей.

Реконструкция очистных сооружений на ОАО «Соликамскбумпром» проводится с использованием новейших технических разработок фирмы «КРЕАЛ». Их реализация в период 2002–2004 гг. обеспечила нормативное качество очищенных стоков, эффективную обработку и утилизацию образующегося осадка и экономию электроэнергии.

Для обоснованного расчета реконструируемых сооружений и оптимизации режима их работы на Соликамском ЦБК выполнены специальные экспериментальные исследования. Целесообразность таких исследований обусловлена специфичностью состава сточных вод различных целлюлозно-бумажных предприятий. По результатам исследования фильтрационной доочистки биологически очищенных сточных вод выполнен расчет отстойника-фильтра. Экспериментально найдена кинетика окисления и общая потребность в кислороде на химическое окисление сернистых соединений и биохимическое окисление органических веществ сточных вод. Это позволило рассчитать для усреднителя и аэротенка необходимую кислородную производительность, расход аэрирующего воздуха и новую систему аэрации с учетом изменения объема и состава стоков при сокращении мощности варочного цеха и увеличения производства термомеханической массы. Экспе-



риментальные данные по влиянию глубины минерализации активного ила, на его способность к уплотнению и обезвоживанию легли в основу расчета минерализатора-уплотнителя.

Для доочистки сточных вод от взвешенных веществ осуществлена реконструкция вторичных отстойников в комбинированные сооружения типа отстойник-фильтр.

Конструкция отстойника-фильтра является совместной разработкой фирмы «КРЕАЛ» и ОАО «Соликамскбумпром» и защищена патентом Российской Федерации.

В сравнении со строительством новых отдельных сооружений отстаивания и фильтрования, отстойник-фильтр позволяет более чем в 5 раз сократить капитальные и текущие затраты, прост в эксплуатации и не уступает по эффективности очистки и доочистки стоков.

Реконструкция существующих отстойников, в частности вторичных отстойников систем биологической очистки, позволяет решить проблему доочистки стоков малыми затратами и в кратчайшие сроки без строительства дополнительных сооружений.

Отстойник-фильтр имеет существенные технологические преимущества по сравнению с традиционными отдельными сооружениями отстаивания и фильтрования:

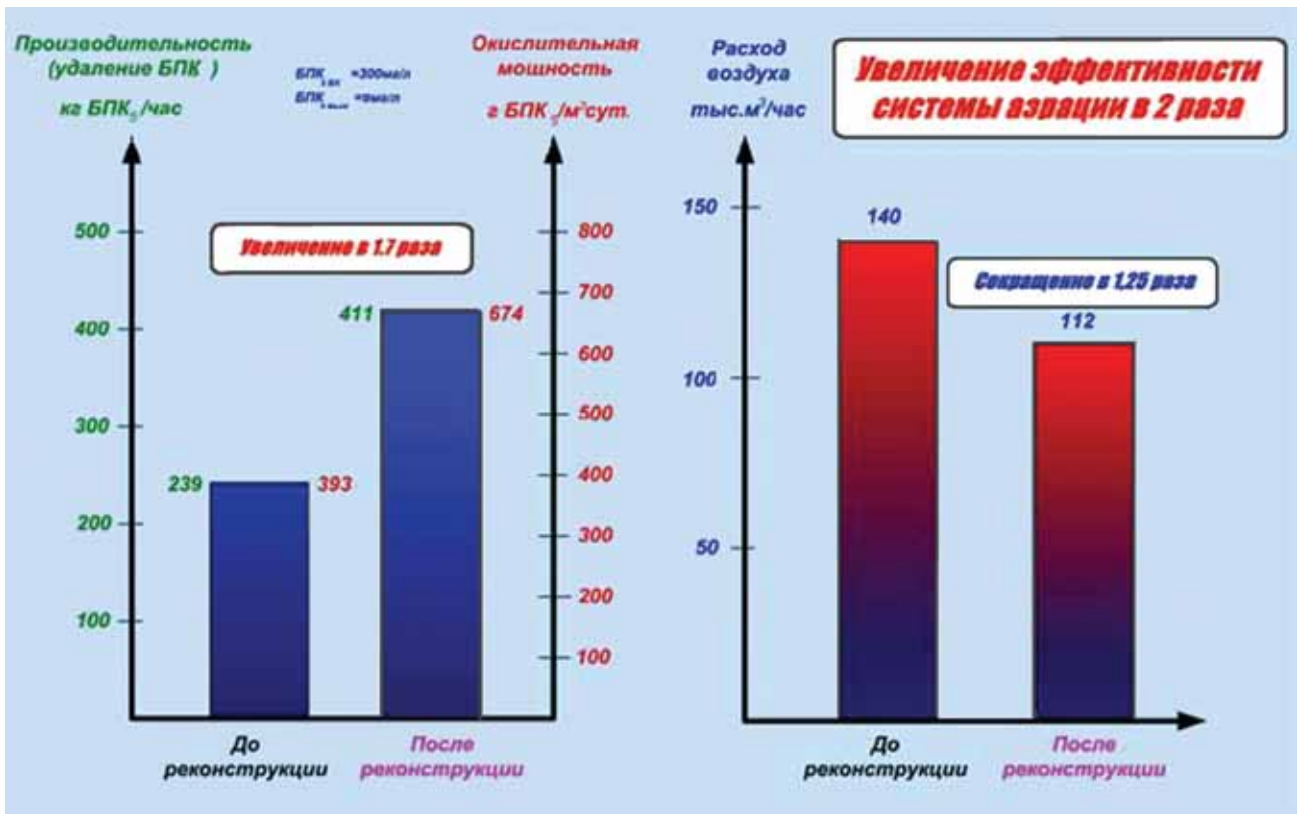
- улучшается гидродинамический режим и эффективность работы самого отстойника;
- увеличивается длительность фильтроцикла;
- исключается дополнительное потребление воды на промывку фильтра;

— повышается надежность и стабильность работы узла доочистки.

На Соликамском ЦБК пять вторичных радиальных отстойников диаметром 40 м оснастили фильтрами с плавающей загрузкой, расположенными по периферийной части зоны отстаивания. Все необходимое для регенерации загрузки фильтров оборудование было смонтировано на вращающейся ферме. При работе в режиме фильтрования аэрация загрузки не производится. Осветленная в зоне отстаивания отстойника сточная вода восходящим потоком проходит через фильтрующую загрузку, фильтрат по специальному лотку отводится в существующий лоток очищенной воды. В режиме промывки производится аэрация загрузки. Это приводит ее в псевдосжиженное состояние, задержанные в теле фильтра загрязнения выносятся в зону над загрузкой и под загрузкой. Из зоны над загрузкой они откачиваются насосом на вход отстойника. Из зоны под загрузкой загрязнения оседают и удаляются вместе с остальным осадком. Длительность регенерации составляет около 1 часа, что отвечает двум оборотам фермы отстойника. Регенерация производится не чаще одного раза в сутки.

В результате сброс взвешенных веществ сокращен более чем в 5 раз, тем самым, обеспечив их концентрацию в очищенных стоках на уровне 7,5 мг/л (вдвое ниже ДК по ПДС и в несколько раз ниже, чем в среднем по отрасли).

Для сокращения сброса органических веществ проведена реконструкция усреднителя и аэротенка с внедре-

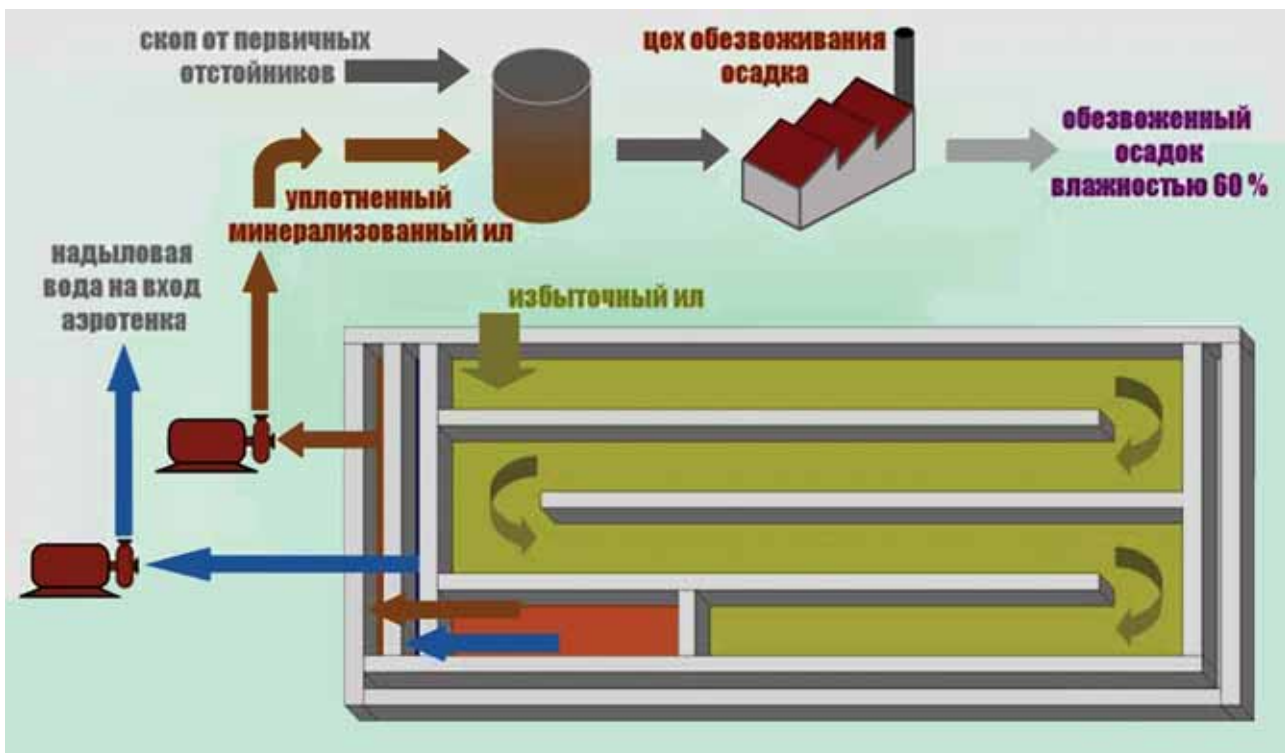


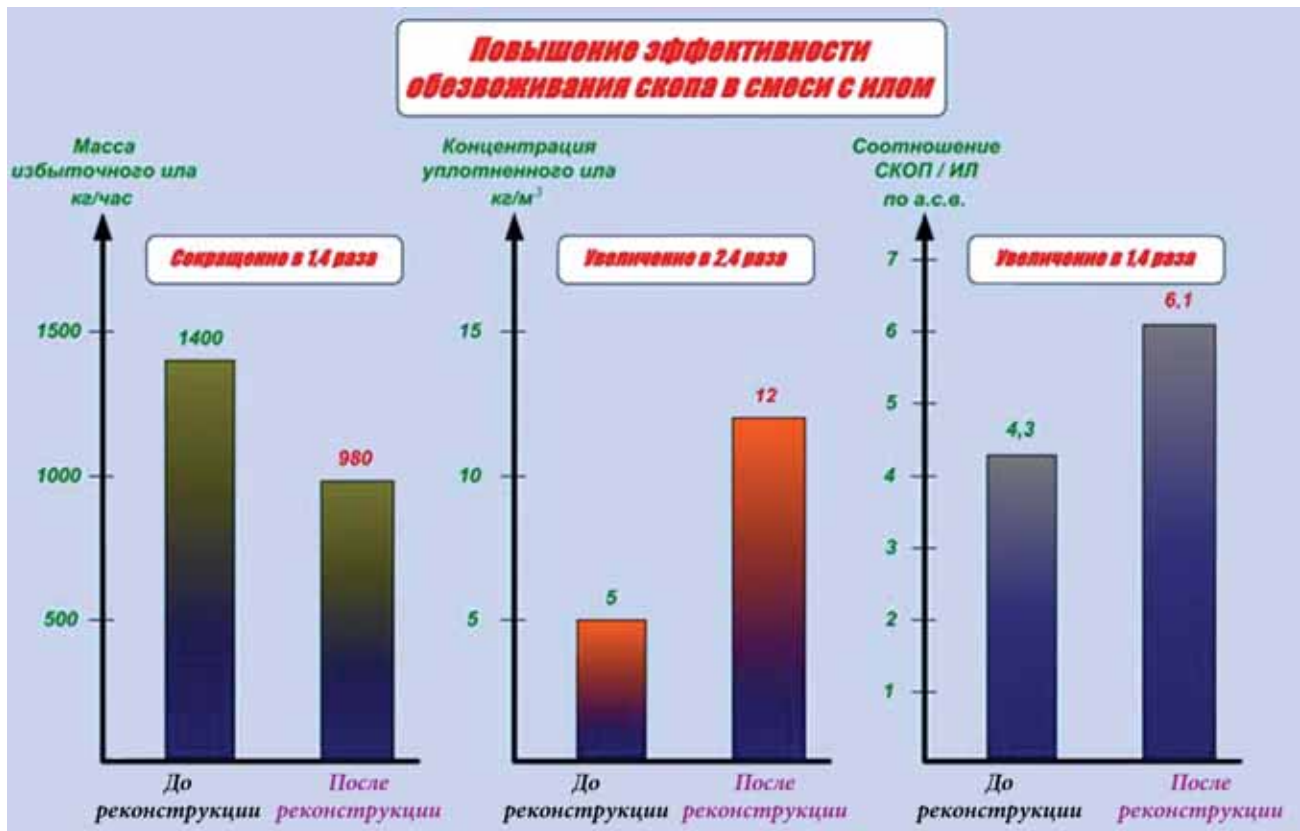
нием высокоэффективного аэрационного оборудования «КРЕАЛ». Такая аэрационная система выполняется в виде аэрационных модулей, составленных из аэраторов «КРЕАЛ». Аэраторы имеют высокую эффективность, не уступающую зарубежным аналогам, вместе с тем их стоимость более чем в 5 раз ниже зарубежных образцов. Модульное исполнение системы аэрации позволяет форми-

ровать широкую аэрируемую полосу, что дополнительно повышает общую производительность по кислороду.

До реконструкции аэрация производилась лишь в узкой пристеночной зоне аэротенка. После реконструкции воздух равномерно подается по всему дну аэротенка.

Внедрение аэрационного оборудования «КРЕАЛ» позволило обеспечить нормативную очистку по БПК при





значительно большей производительности аэротенка. Окислительная мощность аэротенка возросла в 1,7 раза. Этот результат был достигнут при одновременном уменьшении расхода сжатого воздуха на аэрацию, который был сокращен в 1,25 раза. Выполненные обследования показали, что внедрение данной системы увеличило эффективность аэрации в 2 раза. Иными словами, при сохранении прежней эффективности очистки имелась возможность вдвое сократить расход сжатого воздуха и, соответственно, затраты на аэрацию.

Наряду с монтажом нового аэрационного оборудования проведены ремонтно-восстановительные работы и оснащение аэротенка контрольно-измерительными приборами, что дало возможность обеспечить автоматизированное управление технологическим процессом с поддержанием оптимального режима очистки.

Для дополнительного сокращения сброса органических веществ в 2004 г. проведена реконструкция преаэратора с заменой системы среднепузырчатой аэрации на мелкопузырчатую аэрационную систему «КРЕАЛ» и установкой плоскостной загрузки. В качестве материала для плоскостной загрузки использовалась сетка б/у от бумагоделательной машины. Для предотвращения смыва с сетки аэрируемой сточной водой образующейся биопленки вдоль секции преаэратора установлена защитная сетка, что позволило сократить скорость поступления стоков на плоскостную загрузку.

В результате реконструкции концентрация органических веществ по БПК<sub>5</sub> снизилась в 1,4 раза при одновременном сокращении расхода воздуха на аэрацию в 1,5 раза.

Для эффективного обезвоживания осадка внедрена новая схема обработки избыточного ила в минерализаторе-уплотнителе, который создан путем реконструкции существующего резервного аэротенка.

Благодаря этому значительно уменьшено количество избыточного ила и улучшена его способность к обезвоживанию, что в конечном итоге позволит весь образующийся осадок обезвоживать до влажности 60 % и направлять его на сжигание в существующий цех вместе с древесными отходами.

Внедрение схемы обработки избыточного ила в минерализаторе-уплотнителе на Соликамском ЦБК позволило сократить количество избыточного ила по массе в 1,4 раза. Концентрация избыточного ила, направляемого потом в цех обезвоживания, была увеличена в 2,4 раза. Доля осадка первичных отстойников в его смеси с избыточным илом возросла в 1,4 раза. Все это в целом значительно повысило эффективность обезвоживания осадка.

Положительные результаты по сокращению уровня сброса загрязнений со сточными водами, достигнутые в последнее время на Соликамском ЦБК, показывают высокую эффективность технологий и оборудования фирмы «КРЕАЛ» и могут найти применение на других предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности.



# ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

**Кондратьев В. В.**

Московский государственный строительный университет, Москва, Росси

Современное состояние городского строительства требует решения проблем снабжения зданий не только качественной питьевой водой, удовлетворяющей требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01, но в ряде случаев водой для специальных технологических нужд:

- подпитка контуров теплосети и отопления;
- подпитка контуров оросителей и испарителей систем кондиционирования воздуха;
- подпитка паровых котлов «крышных котельных» для систем теплоснабжения;



В зависимости от требований к качеству подготовленной воды в системах нанофильтрации используются различные типы мембран с различными показателями селективности (солезадерживающей способностью). При использовании мембранных установок для нужд подпитки теплосети и горячего водоснабжения, карбонатный индекс KI очищенной воды должен удовлетворять следующим условиям:

$$KI = [Ca^{+2}] \cdot [HCO_3^-] \leq 2-5,$$

где  $[Ca^{+2}]$  и  $[HCO_3^-]$  — значения концентраций кальция и щелочности, мг-экв/л.

Для обеспечения таких требований идеально подходят нанофильтрационные мембраны в сочетании с разработанными мембранными элементами с «открытым каналом», исключающим образование застойных зон в аппаратах и образование в них осадка карбоната кальция, резко снижающего время работы аппарата [1–3]. Нанофильтрационные мембраны частично убирают из воды жесткость и щелочность (на 60–90 %), делая воду пригодной для использования в системах теплоснабжения и горячего водоснабжения, избавляя заказчика от необходимости использования ионообменных умягчителей и дополнительных расходных материалов.

При необходимости получения питательной воды для паровых котлов («крышных котельных») и контуров систем кондиционирования воздуха требуется вода со значениями жесткости на уровне 0,01–0,02 мг-экв/л. Традиционно для получения глубоко умягченной воды используются двухступенчатые системы Na-катионирования или в настоящее время, вместо I ступени Na-катионирования — установки обратного осмоса [4]. И в том, и в другом случае схемы глубокого умягчения требуют высоких эксплуатационных затрат (на таблетированную соль, ингибитор, моющие растворы, частое сервисное обслуживание) и решения проблем утилизации регенерационных растворов.

При использовании представленных в работе разработок созданы схемы двухступенчатого умягчения (с использованием

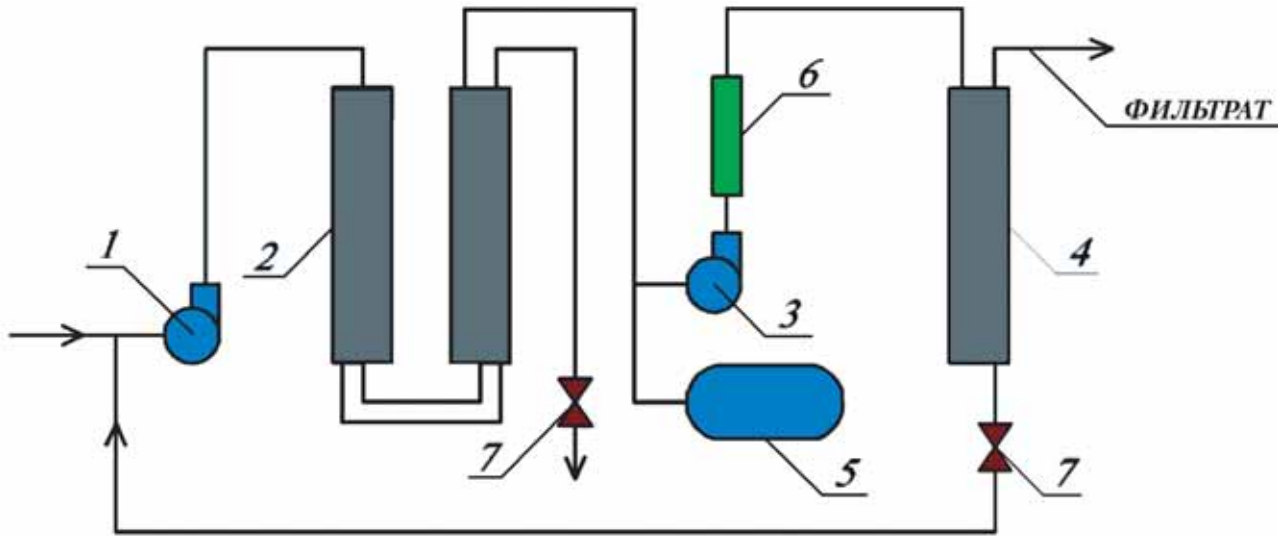
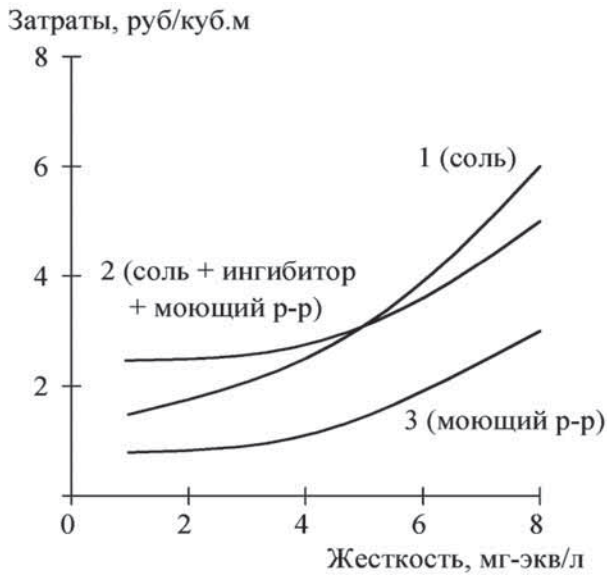


Рис. 1



на I ступени нанофильтрационных аппаратов с мембранами различных марок) и аппаратов обратного осмоса на II ступени (рис. 1).

При использовании на I ступени аппаратов с низкоселективными мембранами удастся избежать применения ингибиторов и большей части моющих реагентов и обеспечить длительный (более 2500 часов) период безостановочной работы. В ряде случаев целесообразно использовать специально разработанные патроны с порошкообразным ингибитором для повышения надежности мембранных систем.

Пример сравнения эксплуатационных затрат различных схем глубокого умягчения показан на рис. 2.

Рис. 2

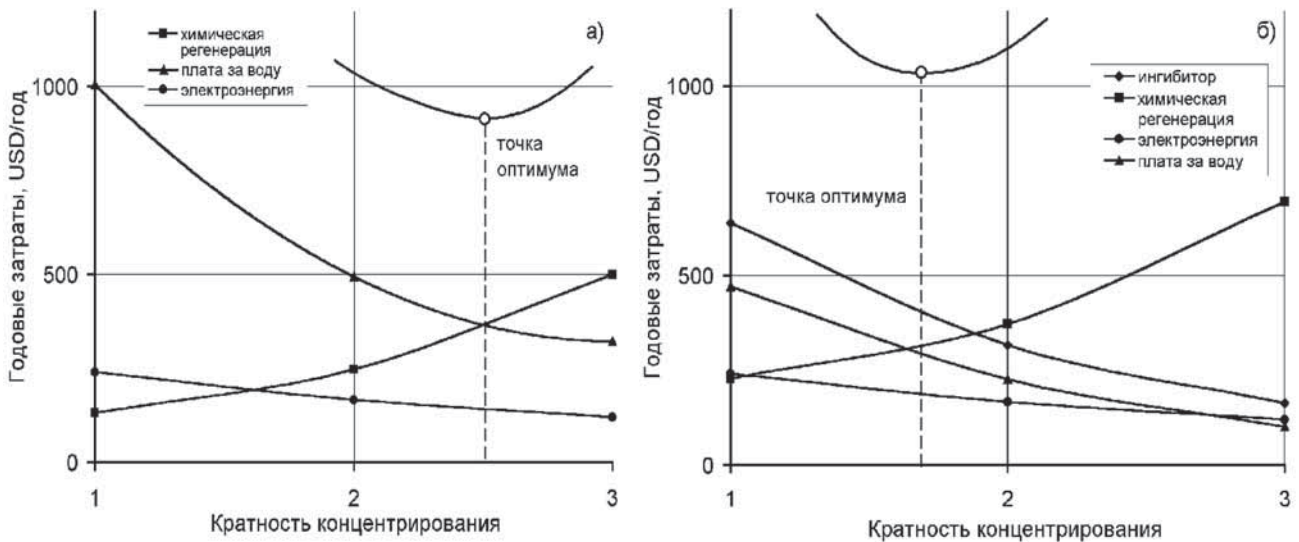


Рис. 3



Рис. 4

Благодаря использованию новых типов мембран и мембранных аппаратов время непрерывной работы установки максимально увеличено, что ведет к снижению затрат по обслуживанию установки (рис. 3).

Для определения эксплуатационных характеристик мембранных схем с использованием аппаратов обратного осмоса и нанофильтрации (определение типов моющих растворов, времени непрерывной работы и др.) разработана специальная компьютерная программа [5, 6].

Применение такой технологии позволяет создавать простые в эксплуатации автоматизированные системы небольшой производительности, особенно эффективные для размещения в тепловых пунктах городских зданий. Разработанная программа определения технологических характеристик мембранных установок позволяет выбрать оптимальные типы мембран и значения эксплуатационных затрат.

Общий вид разработанных двухступенчатых мембранных систем показан на рис. 4.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Мембранный рулонный элемент: пат. 2108142 РФ, МПК6, В 01 D 063/10 / Первов А.Г.; заявитель — Первов А.Г., № 97103745, заявл. 19.03.97, опубл. 10.04.98.
2. Pervov A.G. (1991). Scale formation prognosis and cleaning procedure schedules in reverse osmosis operation. *Desalination*, 83, 77-118.
3. Первов А.Г., Андрианов А.П., Спицов Д.В., Кондратьев В.В. (2007). Разработка новых технологий и аппаратов на основе метода нанофильтрации для систем водо- и теплоснабжения городских зданий. *Сантехника*, 3, 12-18.
4. Первов А.Г., Бондаренко В.И., Жабин Г.Г. (2004). Применение комбинированных систем обратного осмоса и ионного обмена для подготовки питательной воды паровых котлов. *Энергосбережение и водоподготовка*, 5, 25-27.
5. Первов А.Г., Рудакова Г.Я. (2007). Программа технологического расчета систем обратного осмоса и нанофильтрации с использованием сервисных реагентов серии АМИНАТ. II конференция «Современные технологии водоподготовки и защиты оборудования от коррозии и накипеобразования» ГК «Измайлово», Москва, 22 — 24 мая 2007 г. Материалы конференции.
6. Первов А.Г., Ефремов Р.В., Макаров Р.Н. (2004). Разработка компьютерной программы для оптимизации работы установок нанофильтрации при получении качественной питьевой воды. Всероссийская научная конференция «МЕМБРАНЫ-2004», 4-8 октября 2004 г., Москва. Тезисы докладов, стр. 37.

# СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ВОДОПОДГОТОВКИ. ИНФОРМАЦИОННАЯ И РАСЧЕТНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Копылов А.С., Очков В.Ф., Чудова Ю.В.**

Московский энергетический институт, Москва, Россия

*Современные технологии подготовки воды для различных отраслей промышленности, тепловой и атомной энергетики должны обеспечивать надежную работу оборудования, требования к качеству очищенной воды и минимальное количество сточных вод. Следует отметить, что многие действующие водоподготовительные установки серьезно отстали от мирового уровня как по надежности, технико-экономическим и технологическим характеристикам, так и по степени их автоматизации и контроля. Процессы, оборудование и материалы водоподготовки, используемые на протяжении многих десятилетий в промышленности и коммунальном хозяйстве, подробно описаны в [1–4].*



В настоящее время наметился прогресс в области водоподготовки: водятся новые и реконструируются существующие установки. При этом используются высокотехнологичные элементы систем водоподготовки и прогрессивные методы водоочистки, к которым следует отнести:

- новые конструкции осветлителей с повышенными эксплуатационными характеристиками;
- мембранные процессы, реализованные в технологиях ультрафильтрации и с использованием нано- и обратноосмотических мембран;
- противоточные технологии ионного обмена;
- технология стабилизации нагреваемой воды с использованием ингибиторов солеотложений и коррозии;
- биоцидная обработка охлаждающей воды циркуляционных систем;

Необходимо также отметить использование программированных расчетов для оптимизации процессов и оборудования водоподготовительных установок.

### **Рассмотрим приемы их реализации и результативность**

На ряде энергетических объектов, в том числе в ОАО «Мосэнерго», была проведена реконструкция осветлителей типа ВТИ, направленная на повышение эффективности работы водоочистки. Реконструкция включала в себя:

- изменение узла сбора обработанной воды. Вода дополнительно осветляется с помощью отстойных сотовых блоков — жалюзийных сепараторов.
- использование эжектора для интенсификации процесса перемешивания вводимых реагентов в зоне шламообразования. Эжекторы способствуют ускорению химических реакций и обеспечивают принудительную рециркуляцию свежобразовавшегося шлама.

Наряду с традиционной конструкцией осветлителей ВТИ для известкования с коагуляцией в последнее десятилетие на энергопредприятиях устанавливают осветлители нового типа с рециркуляцией активного шлама ОРАШ (см. рисунок). Осветлители типа ОРАШ отличаются следующими техническими решениями:

1. Ввод воды в осветлитель осуществляется через специальный гидрозелеватор, с помощью которого обеспечивается принудительная циркуляция шлама и создание замкнутого контура его циркуляции, без использова-

ния лопастных насосов, а только за счет кинетической энергии обрабатываемой воды.

2. Отсутствует воздухоотделитель, как самостоятельный конструктивный элемент, а конструктивно выделенная зона позволяет добиваться глубокого удаления образующихся газов и подсасываемого по тракту воды атмосферного воздуха;
3. Активное перемешивание дозируемых реагентов с обрабатываемой водой достигается за счет ввода их в зону движения циркулирующего шлама.
4. Система сбора шлама и шламприемное устройство принципиально изменены (занимают около 15 % объема аппарата вместо 50 %);
5. Для дополнительной очистки обработанной воды от тонкодисперсной взвеси шлама устанавливается система тонкослойного отстойника (типа жалюзийный сепаратор);
6. Конструкция водосборного устройства изменена и существенно упрощена.

Эффективность очистки поверхностных вод с использованием осветлителей типа ОРАШ характеризуют следующие показатели:

- остаточная щелочность известкованной воды —  $0,5 \div 0,7$  мг-экв/дм<sup>3</sup>;
- нестабильность известкованной воды — менее 0,05 мг-экв/дм<sup>3</sup>;

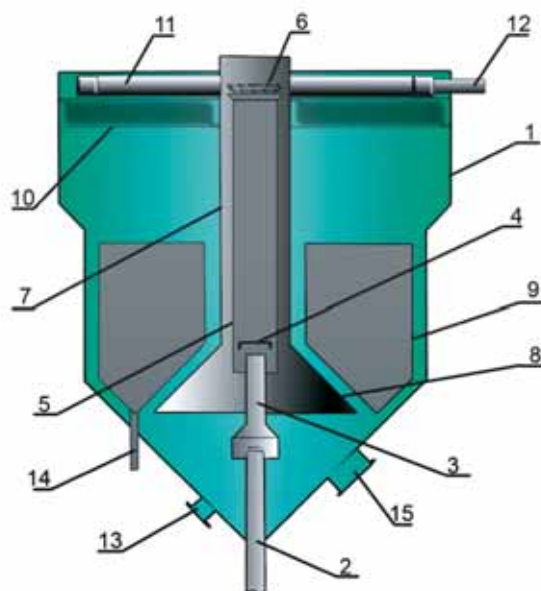


Рис. 1

Схема конструкции осветлителя типа ОРАШ:

1 — корпус; 2 — вход обрабатываемой воды; 3 — гидрозелеватор; 4 — внутренний малый ограничитель; 5 — малая ограничительная конструкция; 6 — большой наружный отбойник; 7 — большая ограничительная конструкция; 8 — внутреннее конусообразное устройство; 9 — кольцевое шламприемное устройство; 10 — жалюзийный сепаратор; 11 — кольцевой водосборный желоб; 12 — отвод осветленной воды; 13 — дренажное устройство; 14 — непрерывная продувка; 15 — подача раствора коагулянта

- остаточная жесткость (расчетная) — соответственно качеству исходной воды и на основании расчета;
- остаточное содержание взвешенные вещества — менее 0,5 мг/дм<sup>3</sup>;
- снижение органических веществ — 75 %;
- снижение цветности — до 98 %;
- снижение истинно растворенных кремнекислых соединений — до 70 %;
- снижение коллоидных соединений — до 95 %;
- остаточное содержание окислов железа — менее 100 мкг/дм<sup>3</sup>;
- активность среды, рН — 10,05÷10,15.

Достоинства мембранных технологий, связаны с малой энергоемкостью процесса разделения, незначительным расходом реагентов, простотой эксплуатации, компактностью оборудования. Привлекательность мембранных технологий особенно возросла в последние годы, что обусловлено повышением цен на реагенты, иониты, исходную (особенно водопроводную) воду и связано с ужесточением норм на сброс концентрированных солевых стоков.

Известно, что мембранные технологии предъявляют весьма жесткие требования к качеству осветленной воды, поступающей на обратноосмотические модули. Особые сложности при их эксплуатации связаны с использованием в качестве исходной речных вод. В этом случае включение в схему очистки самопромывных механических фильтров и установок для ультрафильтрации позволяют улучшить условия работы обратноосмотических мембран. Несмотря на высокую стоимость узла ультрафильтрации, требующего проведения частых физических и химических промывок полволоконных ультрафильтрационных мембран и периодической их химической очистки, включение таких систем в схему мембранных установок представляется оправданным.

Ионный обмен является одним из основных методов очистки воды, глубокого ее обессоливания. Регенерация истощенных ионитов в фильтрах может проводиться по прямоточной или противоточной технологиям. Прямоточная регенерация наиболее просто осуществима и наиболее распространена, но качество очистки воды, особенно в первое время после регенерации оказывается недостаточно высоким. Противоточная регенерация реализуется сложнее, но позволяет сократить количество реагентов и, соответственно, объемы сточных вод, уменьшить число ступеней очистки, а значит количество фильтров и объем используемых ионитов. К конструкциям фильтров с противоточной регенерацией предъявляются два основных требования:

- зона с высокой степенью регенерации должна быть целостной и находиться в той части слоя ионита, которая расположена как можно ближе к выходу обработанной воды;
- слой ионита должен оставаться вжатом состоянии, как во время рабочего цикла, так и при проведении регенерации.

В конструкции противоточных фильтров нашли применение три решения, удовлетворяющие выдвинутым требованиям:

Фильтры с верхним вводом обрабатываемой воды при блокировке слоя ионита от расширения при регенерации подачей сверху воды или части регенерационного раствора;

Фильтры с подачей воды в направлении сверху вниз, а регенерационного раствора снизу вверх (типа Апкоре);

Фильтры с очисткой воды в направлении снизу вверх, а регенерационного раствора сверху вниз (типа Амберпак).

Отмеченные принципиальные конструкции противоточных фильтров характеризуются определенными достоинствами и недостатками, которые должны быть приняты во внимание при проектировании реальных ВПУ.

Так как мембранные и противоточные технологии могут рассматриваться в качестве альтернативных решений при выборе схем обработки воды, то конкретное решение принимается на основе технико-экономических и экологических сопоставлений для заданного типа воды и производительности ВПУ. Априори следует представлять, что при больших капитальных затратах на мембранную технологию, она характеризуется существенно меньшими эксплуатационными расходами.

Коррозионный износ конструкционных сталей в трубопроводах промышленного водопотребления и сопутствующее образование на поверхностях нагрева отложений существенно ухудшают технико-экономические показатели в системах водоснабжения, охлаждения, отопления и горячего водоснабжения. Традиционно для водоподготовки в системах теплоснабжения применяется метод ионитного умягчения воды Na-катионированием. Ионитное умягчение воды является достаточно затратным и характеризуется использованием габаритного оборудования, большим потреблением реагентов и воды собственных нужд, значительным объемом сточных вод. Помимо этого, метод умягчения воды катионированием предъявляет повышенные требования к квалификации обслуживающего персонала и постоянным проведением объемного лабораторного контроля. Умягчение воды не влияет на сформировавшиеся отложения в трубах, поэтому проскоки солей жесткости в установке приводят к постепенному увеличению количества отложений.

Действенной альтернативой методу Na-катионирования для ряда объектов с температурой нагрева воды до 115 °С (для некоторых до 130 °С) является использование экологически безопасных и эффективных антинакипинов многоцелевого назначения, одновременно ингибирующих солеотложения и коррозию. По сравнению с Na-катионированием, реагентная водоподготовка является активной по отношению к накипи и коррозии и устраняет многие недостатки ионитного умягчения воды, а именно:

- оборудование занимает мало места и оно дешевле;
- полностью отсутствуют собственные сточные воды;
- расход реагентов во много раз меньше, чем хлористого натрия.

Метод реагентной водоподготовки требует для получения положительных результатов оптимального подбора используемого реагента или композиций в зависимости от состава обрабатываемой воды, максимальной температуры ее нагрева, наличия старых отложений в системе, точному пропорциональному дозированию ингибитора. Эти требования и условия применения различных антинакипинов и ингибиторов сформулированы ОАО ВТИ в [5], применительно к системам теплоснабжения, оборотным системам охлаждения, паровым котлам низкого давления, испарителям и дистилляционным опреснительным установкам, и в «Методических указаниях по стабилизационной обработке подпиточной воды систем теплоснабжения, водогрейных котлов комплексонатами ОЭДФ-Zn, НТФ-Zn», выпущенных ГУП «Ростовский НИИ АКХ».

Для борьбы с биообрастаниями в циркуляционных системах охлаждения применяются биоцидные препараты. Традиционные химические и физические методы, применяемые для биоцидной обработки, характеризуются существенными недостатками. Требованиям обеспечения надежной дезинфекции воды, предотвращению развития микробных и растительных образований на поверхностях теплообменного оборудования и заиливания прудов-охладителей удовлетворяют современные биоцидные препараты на основе полигексаметиленгуанидина (ПГМГ), который входит в состав многих отечественных и зарубежных продуктов. Соли ПГМГ эффективны против многих патогенных микроорганизмов, в том числе против штаммов легионелл различных видов при минимальных ингибирующих концентрациях 0,1–0,5 мг/дм<sup>3</sup>. Проведенными в ММА им. И.М. Сеченова санитарно-токсикологическими испытаниями установлено, что ПГМГ:

- является стабильным в водной среде соединением и в концентрациях, имеющих практическое значение, не придает воде посторонних запахов, привкусов и окраски;
- при концентрации 1,0 мг/дм<sup>3</sup> и длительности контакта 1 ч достигается надежная степень обеззараживания воды как от бактериального, так и вирусного загрязнения;
- повторное загрязнение обеззараженной воды исчезает без дополнительных добавок реагента в течение 20–30 мин даже через 2–3 суток после введения первоначальной дозы, т. е. полимер обладает пролонгированным бактерицидным действием в водной среде.

Проектирование различных систем обработки воды в современных условиях проводится с использованием программных расчетов. С этой целью созданы ряд программ, среди которых можно выделить программы, разработанные на кафедре Технологии воды и топлива МЭИ (ТУ) и программы зарубежных производителей водоподготовительного оборудования и сопутствующих материалов. Расчеты могут выполняться на основе программного обеспечения, установленного на каждой рабочей станции, а также с помощью сетевых программ

через Интернет или Интранет (то есть, программ, доступных только в закрытых корпоративных сетях). Использование сетевых расчетов может привести к значительной экономии средств на лицензировании программного обеспечения [6]. В МЭИ (ТУ) разработан специализированный сайт «On-line расчеты в интернете», расположенный по адресу [www.vpu.ru/mas](http://www.vpu.ru/mas), где находятся разнообразные расчеты и справочная информация по водоподготовке. На кафедре ТВТ МЭИ выполнено описание программы ROSA, разработанной компанией DOW CHEMICAL для

расчета обратноосмотических и нанофильтрационных установок, а также программы Cadix для расчета ионобменных установок очистки воды.

В заключение отметим, что все современные технологии обработки воды, отмеченные в статье, и ряд других вопросов освещены авторами в учебном пособии объемом 15 печ. листов под названием «Процессы и аппараты передовых технологий водоподготовки и их программированные расчеты», которое должно быть выпущено издательским домом МЭИ в 2008 г.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Клячко В.А., Апельцин И.Э. Подготовка воды для промышленного и городского водоснабжения. М.: Стройздат, 1962
2. Николадзе Г.И., Минц Д.М., Кастальский А.А. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения: учеб. пособие по спец. «Водоснабжение и канализация» для вузов. — 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1984
3. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка: Уч. пособие для вузов. — М.: Издательство МГУ, 2003
4. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: Учеб. пособие для вузов. — М.: Изд. МЭИ, 2003
5. Методические рекомендации по применению антинакипинов и ингибиторов коррозии ОЭДФК, АФОН-200-50А, АФОН-230-23А, ПАФ-13А, ИОМС-1 и их аналогов, проверенных и сертифицированных в РАО «ЕЭС России», на энергопредприятиях. СО 34.37.536 — 2004, М.: Изд-во ОАО ВТИ, 2005
6. Очков В.Ф. Mathcad 14 для студентов, инженеров и конструкторов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007

## БЕГУЩЕЙ СТРОКОЙ

### ВОДОКАНАЛЫ ЭСТОНИИ ПЛАНИРУЮТ ЗАПУСТИТЬ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОР МОЩНОСТЬЮ 100 КИЛОВАТТ В ЧАС НА ПОДПИТКЕ ОТ СТОЧНЫХ ВОД

Водоканалы Тарту, Раквере и Курессааре планируют начать производство газа и электроэнергии из остаточных масс сточных вод. Это позволит сократить коммунальные расходы самих предприятий и сохранить окружающую среду. «В мире подобные технологии применяются уже давно», — сказал член руководства управления водоснабжения и канализации (водоканала) Курессааре (AS Kuressaare Veevark) Иллар Ноот. Уже к концу следующего года это предприятие планирует построить необходимые сооружения, которые позволят вырабатывать электроэнергию из масс отходов, оставшихся после очистки сточных вод.

«Полученная энергия удовлетворила бы основные потребности в электроэнергии нашей очистной станции, — сказал Ноот. — Если появятся излишки, мы готовы их продавать Eesti Energia». На очистной станции хотят запустить электрогенератор мощностью 100 киловатт в час. Причиной, по которой подобное использование отходов в Эстонии еще не получило распространения, является, по мнению Ноота, необходимость крупных инвестиций, которые составляют от 60 до 100 миллионов крон.

Однако вложенные средства со временем должны оправдать себя, так как позволят сэкономить немалые средства, поскольку отпадет необходимость в переработке отходов от примесей, а полученную энергию можно будет вновь использовать в производственном процессе или продавать другим потребителям.

Количество отходов может уменьшиться на четверть или даже на три четверти, в остатке образуется смесь с более минерализованным составом и с меньшим запахом. Сейчас обработка остаточных масс ведется открытым способом, который сопровождается отвратительным зловонием.

От количества остаточных масс зависит их энергетическая ценность, то есть количество выделяемых газов. Для того чтобы количество исходного сырья было больше, со всех очистных станций уезда начнут собирать разлагающиеся отходы, например, с предприятий питания. «Поскольку мы находимся на острове, то чем больше мы сможем собрать отходов на месте, тем дешевле для всех это обойдется», — пояснил Ноот. По его словам, инвестиции должны окупиться лет через десять.

Тартуский водоканал (Tartu Veevark) также планирует использовать остаточные массы сточных вод. По словам руководителя водоканала Тоомаса Каппа, сейчас исследуется вопрос, что разумнее производить из сточных вод — электроэнергию для собственных нужд или биогаз для использования в качестве жидкого топлива для транспорта.

«По предварительным расчетам из отходов одной только Тартуской очистной станции можно производить около 700 литров топлива в день», — сказал Капп. Он отметил, что инвестиции необходимы независимо от их окупаемости, так как метан, который сейчас выделяется в атмосферу, наносит огромный вред окружающей среде. Руководитель Раквереского водоканала (AS Rakvere Vesi) Урмас Крикк отметил, что у них готов предварительный проект по выработке тепло- и электроэнергии, и дело стало только за финансированием. «Производство биогаза представляет для нас интерес не как проект по энергетике, а как возможность вторичного использования отходов», — пояснил он. — Если при этом будет производиться еще и электроэнергия, то это станет дополнительным плюсом».

По оценке Крикка, электроэнергия, получаемая из централизованных энергосетей, будет все-таки дешевле, чем производство на основе биогаза. «Мы рассчитали, что половину или две трети количества получаемой энергии мы могли бы тратить на собственные нужды, а остальное можно было бы продавать», — сказал он.

Производство теплоэнергии из отходов в Эстонии нельзя назвать абсолютно новым делом. Водоканалы Таллинна и Нарвы, а также некоторые сельскохозяйственные предприятия и свалки уже производят или планируют начать производство теплоэнергии из отходов.

# КОРПОРАТИВНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КАК ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ МУП «УФАВОДОКАНАЛ»

**Хатыпов А.Ф., Гордиенко В.С., Кантор Л.И.**  
МУП «Уфаводоканал», Уфа, Россия

*Управление водопроводно-канализационным хозяйством крупного города является сложной задачей, решение которой на современном уровне возможно на основе применения информационных технологий, среди которых одной из ключевых является технология геоинформационных систем (ГИС). Однако анализ опубликованных данных свидетельствует о том, что реализуемый подход предполагает ограниченный уровень использования возможностей и преимуществ ГИС-технологий на отечественных предприятиях водоснабжения. В частности, основные усилия в настоящее время направлены на разработку, а использование — ограничивается в виде «электронных планшетов». С другой стороны, более высокий уровень использования ГИС-технологий позволяет получить качественно новые преимущества для всего предприятия водоснабжения — оперативное получение необходимой для эффективного управления полной и своевременной информации об объектах систем водоснабжения и канализации. Такая возможность обеспечивается уникальной способностью ГИС интегрировать разнородные информационные ресурсы предприятия.*



Для предприятий водоснабжения характерно наличие «островов информации», обладающих избыточностью данных и отсутствием временной и пространственной согласованности. «Острова информации» являются следствием традиционного функционального подхода к организации управления предприятием: деятельность предприятия субъективно разбита на отдельные функции, каждая из которых выполняется определенным подразделением; координация выполнения этих функций осуществляется через иерархическую организацию с большим числом уровней иерархии. Возникновение «островов информации» связано с тем, что изначально информация об объектах систем водоснабжения и канализации на предприятии собирается, накапливается и используется подразделениями в автономных информационных системах (ИС) в соответствии с выполняемыми функциями. В тоже время отличительной особенностью предприятий водоснабжения является то, что информация во всех подразделениях относится к одним и тем же физическим объектам (трубопроводам, оборудованию, сооружениям), хотя и характеризует эти объекты с разных сторон. Например, в бюро технической инвентаризации (БТИ) — схемы сетей и паспорта объектов, в центральной аварийно-диспетчерской службе (ЦАДС) — информация о неисправностях и работах на объектах, в техническом отделе — приказы о приеме объектов на баланс, в службе реализации — информация об абонентах.

В результате одни и те же объекты в разных «островах информации» могут идентифицироваться по своей собственной исторически сложившейся системе: участок водопровода идентифицируется в БТИ и ЦАДС по номеру, в техническом отделе — по номеру приказа о приеме на баланс, в бухгалтерии — по инвентарному номеру. В конечном счете, на определенном этапе развития в ИС подразделений накапливаются значительные объемы узкоспециализированной информации, которые могли бы быть востребованными и в других подразделениях. Однако, вследствие отсутствия осмысленных свя-



зей между «островами информации», свести воедино информацию об объектах систем водоснабжения и канализации и использовать ее для эффективного управления практически не возможно.

Другим существенным недостатком наличия «островов информации» и отсутствия единого информационного пространства является снижение эффективности командной работы всех подразделений и специалистов по выполнению задач предприятия. Это проявляется в несогласованности действий, конфликтности между подразделениями, отставанием в действиях одних от других, ошибках в принятии отдельных решений и т. д.

В МУП «Уфаводоканал» в качестве универсальной идентифицирующей характеристики любых объектов систем водоснабжения и канализации принято географическое расположение. Такой подход обеспечивает организацию единого информационного пространства и интеграцию через пространственные связи любых «островов информации», что трудно или невозможно сделать вне среды ГИС. Таким образом, ГИС — наиболее предпочтительная для предприятия водоснабжения технология объединения разнородных информационных ресурсов и оперативного получения необходимой для эффективного управления полной и своевременной информации. Необходимо учесть, что информацию об активах предприятия, не имеющих пространственной привязки (техника, персонал, технологии, финансы и т. д.) также можно интегрировать через ГИС, так как эти активы используются в качестве ресурсов при выполнении процессов предприятия водоснабжения, связанных с объектами основных фондов (например, при эксплуатации систем водоснабжения и канализации).

На предприятии МУП «Уфаводоканал» ГИС водоснабжения существует с 1996 года, а ГИС канализации — с 2005. ГИС содержит единую базу данных (БД) с регулярно централизованно обновляемой в БТИ графической и паспортной информацией обо всех объектах основных фондов системы водоснабжения и системы канализации. Основой функционирования ГИС МУП «Уфаводоканал» является постоянно проводимая инвентаризация и паспортизация сетей и сооружений водопровода и канализации. В единую централизованную ГИС входит полная информация обо всех элементах сетей водопровода и канализации — трубах, колодцах, задвижках, другой арматуры и т.д. В паспортах элементов содержится необходимая информация — год постройки, материалы, длина трубопровода, привязки на местности, тип арматуры, отметки земли, лотков. ГИС МУП «Уфаводоканал» постоянно расширяется и актуализируется.

Разработанный нами на основе анализа передового мирового и отечественного опыта подход к интеграции информационного пространства основан на исключении условий возникновения «островов информации»: на основе бизнес-архитектуры предприятия разрабатывается единая архитектура корпоративной информационной системы (КИС), причем исключительная роль ГИС-технологий ставит их в центр этой архитектуры. Сущность

ГИС-централизованной архитектуры КИС заключается в создании единой универсальной централизованной ГИС водопроводно-канализационного хозяйства, которая исключает параллельное существование других специализированных ГИС для решения узких задач (эксплуатация сетей, гидравлическое моделирование, биллинг) и функционирует как интегрирующее ядро КИС.

Принципы организации единой универсальной централизованной ГИС предприятия водоснабжения:

- специализированное подразделение (БТИ), обслуживающее ГИС, централизованно уникально идентифицирует объекты основных фондов систем водоснабжения и канализации в соответствии с разработанной системой учета;
- специализированное подразделение, обслуживающее ГИС, из всех источников постоянно собирает информацию об объектах основных фондов и вносит в единую БД ГИС их пространственные данные и паспорта с характеристиками. Централизованное хранение и постоянная актуализация всех данных ГИС является непременным условием обеспечения их целостности, непротиворечивости (в том числе временной и пространственной) и сохранности;
- единая БД ГИС является для специализированных ИС как источником идентификации и геоданных об объектах основных фондов, так и источником их паспортных данных.

Принципы интеграции в рамках ГИС-централизованной архитектуры КИС:

- каждая из специализированных ИС выполняет четко определенные функции, содержит определенную часть информации об объектах основных фондов систем водоснабжения и канализации, опираясь на единый перечень этих объектов в БД ГИС;
- в зависимости от того, какие именно функции и информационные ресурсы требуются для обеспечения того или иного процесса предприятия, происходит динамическое взаимодействие соответствующих специализированных ИС между собой с использованием идентификатора объектов в ГИС;
- новые специализированные ИС создаются на основе существующих специализированных ИС и уже имеющих функций и информационных ресурсов.

Важнейшими преимуществами, достигаемыми при использовании ГИС-централизованной архитектуры КИС на предприятии водоснабжения, является обеспечение командной работы подразделений, исключение дублирования усилий в получении данных и их единство для всех пользователей. Например, для формирования балансов подачи и реализации воды по зонам водоснабжения службе реализации нет необходимости организовывать учет потерь воды в процессе эксплуатации водопроводных сетей — такой учет ведется в соответствующих подразделениях с применением ИС по эксплуатации, а служба реализации использует данные

из этой системы. Кроме того, в процессе формирования балансов используется строго привязанная к объектам из единого перечня объектов ГИС интегрированная информация, полученная в результате динамического взаимодействия биллинговой системы, БД подачи воды, системы мониторинга технологических параметров и БД технической документации. Это позволяет оперативно получать информацию, необходимую для эффективного управления реализацией воды и, как следствие, получением доходов от основной деятельности МУП «Уфаводоканал».

Другим преимуществом является ускорение процесса создания новых специализированных ИС. Примером является внедрение в МУП «Уфаводоканал» системы гидравли-

ческого моделирования, для которой в качестве исходных были задействованы данные из ИС, уже функционирующих на момент внедрения: ГИС, биллинговой системы, системы мониторинга технологических параметров.

Таким образом, использование ГИС-технологий на уровне всего предприятия водоснабжения и ГИС-централизованной архитектуры КИС позволяет интегрировать имеющиеся на предприятии разнородные информационные ресурсы, свести воедино информацию об объектах систем водоснабжения и канализации, получить необходимое для эффективного управления целостное видение характеристик объектов. Видимо, аналогичный подход к интеграции информационных ресурсов может быть применен и на других предприятиях водоснабжения.

## **КОРОТКО О ВАЖНОМ**

# **РЕАЛИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЕВРОПЕЙСКОГО ПОДХОДА К УПРАВЛЕНИЮ И ПЛАНИРОВАНИЮ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

**Панова С. В.** «Мотт МакДоналд Лтд.», Москва, Россия  
**Фрост Р., Мэнли Р.** Независимый консультант, Великобритания

Рамочная Директива ЕС по воде № 2000/60/ЕС от 23 октября 2000 года, устанавливающая основы для деятельности Сообщества в области водной политики, предусматривает разработку Планов управления речными бассейнами. Планы являются важным элементом управления речными бассейнами в странах Европейского союза.

План включает 13 разделов, в которых тщательно анализируются различные аспекты, в частности, общее описание характеристик района речного бассейна, антропогенные воздействия на состояние поверхностных и подземных вод, местоположение охраняемых территорий, существующие системы мониторинга, экологические целевые показатели, краткий экономический анализ водопользования, Программа мероприятий и пр.

Одним из наиболее важных разделов, помогающих определить проблемы речного бассейна и выработать мероприятия, необходимые для решения этих проблем, является оценка антропогенного воздействия на водные объекты и речную систему.

Оценка начинается с перечисления различных видов антропогенной деятельности, включая землепользование в бассейне. Вместе с конкретным указанием районов землепользования должны приводиться основа для количественного описания мероприятий/движущих сил и нагрузок на район/водный объект речного бассейна.

Первый из них относится к количественному использованию поверхностных вод и гидроморфологическим изменениям, связанным с водопользованием. Эти аспекты антропогенной деятельности оказывают огромное влияние на гидрологический режим и экологию. Далее рассматриваются подземные воды и забор подземных вод для использования. Объем сбрасываемых загрязняющих веществ в водную систему в результате антропогенной деятельности также имеет большое значение. При этом рассматриваются и основные источники, и типы загрязняющих веществ.

К числу некоторых основных нагрузок на речной бассейн, возникающих в результате антропогенной деятельности (движущие силы), можно отнести:

- нагрузки в результате урбанизации — потребность в пресной воде и размещение ТБО, сточные воды и поверхностный сток;
- переброска воды в бассейне и из бассейна;
- промышленность — потребность в пресной воде, очистка сточных вод и размещение отходов;
- угольная промышленность;
- сельскохозяйственная деятельность;
- рыбозахват;
- прочие виды деятельности, включая транспорт, судоходство, магистральные трубопроводы, рекреационное использование воды и задачи управления водными ресурсами.

В рамках оценки также необходимо подготовить перечень водных объектов, наиболее подверженных антропогенному воздействию, и отметить основные проблемы, возникающие с управлением водными ресурсами, выявленными в результате анализа.

Реализация изложенного подхода требует наличия большого объема данных и информации, которые должны быть доступны для выполнения такого рода работы.

Частично такой подход был реализован в рамках проекта ЕС «Управление трансграничным речным бассейном. Фаза II. Бассейн р. Северский Донец». В частности, был разработан проект Плана управления речным бассейном Северского Донца для России и Украины.

# ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

**Павлов Д.В.**, руководитель отдела; **Вараксин С.О.**, к.т.н., директор;  
Технопарк РХТУ им Д.И. Менделеева  
**Колесников В.А.**, д.т.н., профессор  
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

*На предприятиях машиностроительной отрасли промышленности в процессе производства образуются сточные воды, которые, при недостаточной степени очистки, являются источниками загрязнения поверхностных водоемов. Загрязняющие вещества приводят к качественным изменениям физических свойств воды и ее химического состава.*



Количественный и качественный состав стоков машиностроительных предприятий разнообразен и зависит от технологических процессов, используемых в производственном цикле. В основном производственные сточные воды содержат взвешенные вещества, нефтепродукты, ПАВ и ионы тяжелых металлов, что особенно характерно для сточных вод гальванического производства.

Проблема очистки промышленных сточных вод приобретает в нашей стране все более серьезное значение, поскольку большинство очистных сооружений машиностроительных предприятий устарело и не в состоянии обеспечить качественную очистку стоков в соответствии с существующими нормативами ПДК, а также возврат очищенной воды на оборотное использование.

Для решения указанных задач был разработан ряд локальных очистных сооружений, которые позволяют осуществлять очистку сточных вод промышленных предприятий от ионов тяжелых металлов, нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ, взвешенных веществ и других загрязнений. Работа локальных очистных сооружений основана на современных методах: электрофлотации, ионном обмене, мембранном концентрировании.

На рис. 1. представлена технологическая схема очистки сточных вод гальванического цеха машиностроительного предприятия с последующим сбросом очищенной воды в систему городской канализации, либо возвратом для использования на технические нужды предприятия. Данная система очистки сточных вод рекомендуется для использования при проектировании новых очистных сооружений, либо реконструкции и модернизации действующих станций водоочистки в целях повышения их экономической эффективности и экологической безопасности.

Система работает следующим образом: исходные кислотнo-щелочные сточные воды поступают в накопительную ёмкость Е1. Из накопительной ёмкости Е1 насосом Н1 усредненный сток подается в реактор Р1. В реактор Р1 дозирующими насосами НД2 и НД3 дозируются реагенты: едкий натр и анионный флокулянт для предварительной обработки сточных вод. Из реактора Р1 сточные воды самотеком поступают на электрофлотатор ЭФ, в котором по описанному ниже механизму происходит извлечение гидроксидов тяжелых металлов, ПАВ и нефтепродуктов. Из накопительной емкости Е2 в накопительную емкость Е1 дозирующим насосом НД1 подаются отработанные растворы электролитов. Из электрофлотатора осветленная вода направляется в промежуточную емкость Е3. Осветленная вода из емкости Е3 насосом Н2

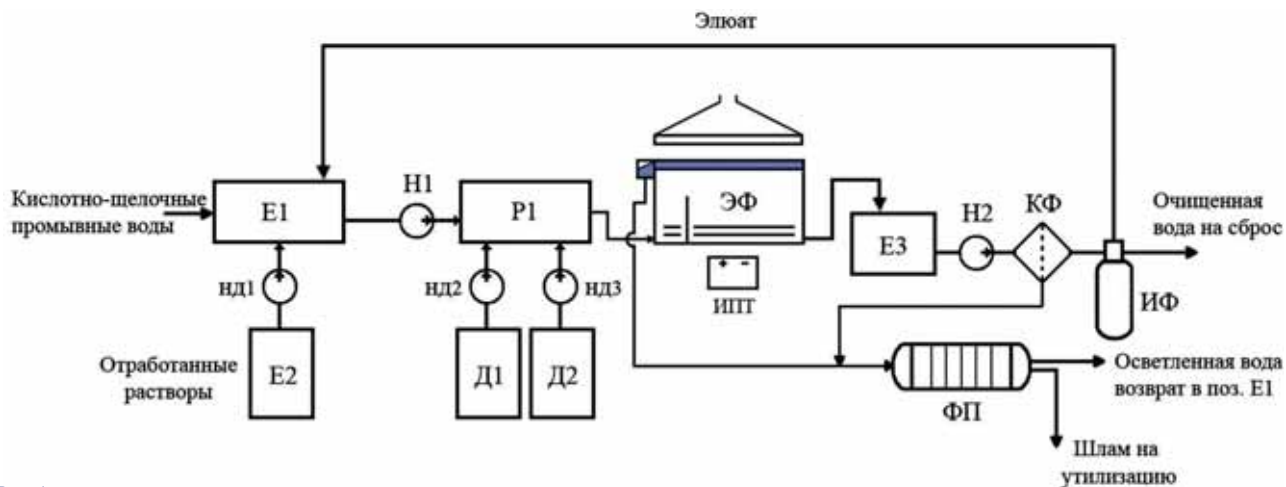


Рис.1. Технологическая схема очистки сточных вод: E1, E2, E3 –накопительная ёмкость; Н1, Н2 — насос; Д1, Д2, –ёмкость приготовления раствора реагента; НД1, НД2, НД3 — дозирующий насос; P1 — реактор смешения; ЭФ — Электрофлотационный модуль; ИПТ — источник питания электрофлотационного модуля; ФП — фильтр пресс; КФ — кварцевый фильтр; ИФ — ионообменный фильтр.

подается на кварцевый фильтр КФ, а затем на ионообменный фильтр ИФ, где в процессе ионного обмена вода очищается от следовых концентраций тяжелых металлов до норм ПДК. Очищенная вода сбрасывается в горканылинизацию, либо может быть возвращена в технологический

цикл на повторное использование для технологических нужд предприятия (в соответствии с ГОСТ 9.314-90 вода 2-й категории).

Шлам из электрофлотатора и механического фильтра поступает на фильтр-пресс ФП, для обезвоживания. Об-



Рис. 2. Электрофлотатор производительностью 10 м<sup>3</sup>/час, г. Москва

звоженный осадок с фильтр прессы, влажностью 70 % сдается на утилизацию.

Основным техническим узлом системы очистки является электрофлотатор, включающий в себя блок нерастворимых электродов, систему сбора флотошлама, источник постоянного тока и вытяжной зонт. Электрофлотатор представлен на рис. 2. Его основные технические характеристики приведены в Таблице 1.

Таблица 1

#### Основные технические характеристики электрофлотатора

Параметры	Значение
Исходная сточная вода:	
Концентрация ионов тяжелых металлов	10–100 мг/л
Взвешенные вещества	до 300 мг/л
pH	3–12
Очищенная вода:	
Концентрация ионов тяжелых металлов	0,1–0,5 мг/л
Взвешенные вещества	0,5–1 мг/л
pH	6,5–8,5
Расход реагента	5–10 г/м <sup>3</sup>
Производительность модуля	1–10 м <sup>3</sup> /ч
Расход электроэнергии	0,5–1 кВт·ч/м <sup>3</sup>
Размеры электрофлотатора	2500 x 1300 x 1200 мм
Напряжение на установке	до 30 В
Срок службы электродных блоков	до 10 лет

Работа установки основана на электрохимических процессах выделения водорода и кислорода за счёт электролиза воды и флотационного эффекта. Установка

работает, как в непрерывном, так и в периодическом режимах и обеспечивает извлечение взвешенных веществ, нефтепродуктов, ПАВ, катионов тяжёлых металлов  $\text{Cu}_2^+$ ,  $\text{Ni}_2^+$ ,  $\text{Zn}_2^+$ ,  $\text{Cd}_2^+$ ,  $\text{Cr}_3^+$ ,  $\text{Al}_3^+$ ,  $\text{Pb}_2^+$ ,  $\text{Fe}_2^+$ ,  $\text{Fe}_3^+$ ,  $\text{Ca}_2^+$ ,  $\text{Mg}_2^+$  и др. в виде гидроксидов и фосфатов в любом соотношении катионов в присутствии различных анионов.

Другим важным узлом системы является ионообменный фильтр смешанного действия финишной очистки, который требуется для достижения нормативного ПДК сброса по катионам тяжелых металлов, таких как  $\text{Cu}_2^+$ ,  $\text{Ni}_2^+$ ,  $\text{Zn}_2^+$ . Данная технологическая схема успешно реализована на очистных сооружениях ОАО «РЖД». Схема предусматривает обработку кислотно-щелочных и хромсодержащих промывных вод в самостоятельных технологических цепочках. Схема обеспечивает глубокую очистку сточных вод от ионов тяжёлых металлов до уровня 0,01 мг/л, взвешенных веществ и нефтепродуктов до 0,1–0,5 мг/л. Рекомендуется для вновь строящихся очистных сооружений в регионах с жесткими требованиями ПДК.

Рассмотренные выше технологии нашли применение в модульных, блочно-модульных и сборных установках. Разработаны различные модификации модульных установок в зависимости от состава сточных вод и климатических условий.

Модульные установки производительностью от 1 до 10 м<sup>3</sup>/ч отвечают современным гигиеническим нормам и предназначены для очистки производственных сточных вод до требований на сброс в водоемы хозяйственно-питьевой, культурно-бытовой и рыбохозяйственной категорий водопользования.

В настоящее время электрофлотационные оборудование и технология прошли промышленные испытания в России более чем на 60 предприятиях. Осуществлена поставка пилотных установок в США, Канаду и Италию.

Научно-исследовательский подход специалистов Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева к разработке технологий позволяет находить более эффективные и экологически безопасные методы очистки сточных вод.

## БЕГУЩЕЙ СТРОКОЙ

### КИТАЙ ВЫДЕЛЯЕТ 100 МЛРД ЮАНЕЙ НА РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ РАЙОНАХ

Примерно 227 млн жителей сельских районов Китая пока не имеют доступа к безопасной питьевой воде. Для полного решения этой проблемы центральное правительство готово в ближайшие 5 лет выделить около 100 млрд юаней /15 млрд долл США/. Об этом сообщили ИА Синьхуа в Министерстве водного хозяйства /МВХ/ КНР.

На днях на состоявшейся в Пекине заседании ПК Госсовета был выдвинут ряд мер для расширения внутреннего спроса и стимулирования экономического роста, и приоритет был отдан проектам водоснабжения сельских районов. Как стало известно, в 4-м квартале этого года 5 млрд юаней будет выделено на улучшение водоснабжения в названных районах.

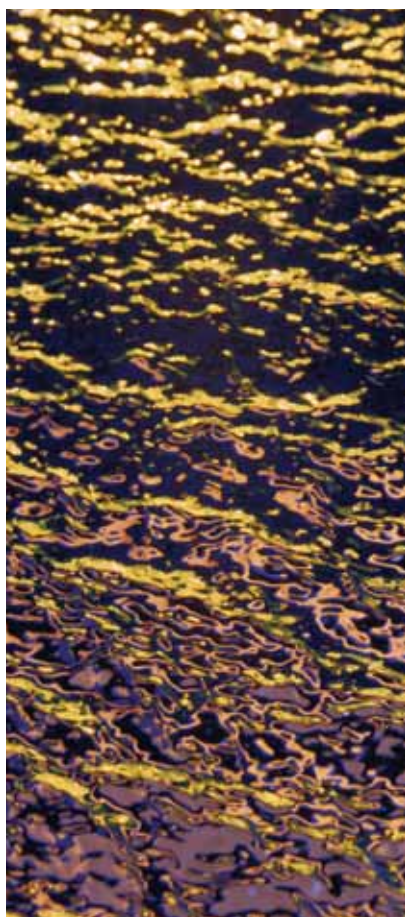
По данным МВХ, в 2000–2008 гг. на решение проблем, связанных с водоснабжением сельских районов было затрачено 61,8 млрд юаней. Благодаря крупному финансированию, на селе за эти годы 160 млн человек получили доступ к безопасной питьевой воде, ее нехватка практически ушла в прошлое.

Руководитель отдела сельского водного хозяйства МВХ Ван Сяодун отметил, что на 3-м пленуме ЦК КПК 17-го созыва была поставлена задача к 2013 году полностью решить проблему обеспечения безопасности водоснабжения сельскому населению.

## ОПЫТ И ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕМБРАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОТЕЛЬНОЙ УВЕКСКОЙ НЕФТЕБАЗЫ

**Тихонов И.А., Блинов А.Н.** ОАО «Саратовнефтепродукт»,  
**Скиданов Е.В., Санаев Д.А., Миронов С.Ю., Голец А.В.** ООО НПП «ЛИССКОН»,  
**Васильев А.В., Фролов Д.В.** ООО НПО «Поволжская энергетическая компания»,  
 Саратов, Россия  
**Федосеева Е.Б., Пантелеев А.А., Светличный Е.А.** ЗАО «НПК «Медиана-фильтр»,  
 Москва, Россия

*В котельной Увекской нефтебазы в эксплуатации находятся 3 паровых котла: котел № 1 ДЕ 16-14 ГМ, котел № 3 ДЕ 6,5-14 ГМ, котел № 4 ДКВр 6,5-13. Суммарная паспортная паропроизводительность котельной составляет 29 тонн/час. Вырабатываемый пар используется для технологических нужд, отопления и горячего водоснабжения предприятия и жилого поселка. За последние годы фактическая максимальная паровая нагрузка котельной не превышала 16–18 т/ч. Возврат конденсата в котельную отсутствует. Котельная эксплуатируется только в отопительный период.*



До 2005 года для подготовки подпиточной воды в котельной существовала двухступенчатая схема Na-катионирования и предварительное осветление воды в песчаном фильтре. Атмосферный деаэрактор использовался как бак запаса воды, куда подавался через барбатажную трубу пар для нагрева питательной воды до температуры 85–90 °С. Деаэрация воды не проводилась. Для поддержания заданного уровня солесодержания котловой воды из верхнего барабана осуществлялась непрерывная продувка в размере 10 %.

Требуемое качество питательной воды для данного типа котлов устанавливается правилами устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов [1], а именно общая жесткость не более 20 мкг-экв/кг, значение рН = 8,5–10.

Эксплуатационные затраты на систему химводоочистки (ХВО) складывались из затрат на техническую соль (около 120 тыс. руб/год), затрат на периодическую химическую мойку котлов (около 50 тыс. руб/год на 1 котел), а дополнительные затраты на топливо из-за его перерасхода (4-5 %) от непрерывной продувки котлов составляли примерно 1 700 тыс. руб/год.

Исходным сырьем являлась вода акватории р. Волга, перекачиваемая насосной станцией Увекской нефтебазы в резервуар объемом 5000 м<sup>3</sup>, из которого вода под давлением 2 бар самотеком поступала на вход котельной. Статистический состав волжской воды представлен в таблице 1.

В соответствии с инвестиционной программой приведения промышленных объектов, входящих в состав компании ТНК-ВР, к требованиям норм и правил промышленной безопасности, в 2005 г. было принято решение о кардинальной реконструкции котельной Увекской нефтебазы включающей в себя:

- реконструкцию системы водоподготовки на базе современных, экологических, ресурсосберегающих технологий.
- реконструкцию автоматики безопасности паровых котлов.
- автоматический учет энергоресурсов.

Таблица 1

Статистические данные качества волжской воды

Контролируемые показатели	Ед. изм.	Параметр
Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	202,00–305,00
Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	26,12–60,65
Химическое потребление кислорода	мг/дм <sup>3</sup>	12,00–41,00
Биохимическое потребление кислорода за 5 суток	мг/дм <sup>3</sup>	0,36–2,90
Биохимическое потребление кислорода (расчетное)	мг/дм <sup>3</sup>	0,54–4,35
Щелочность	мг-экв/ дм <sup>3</sup>	1,70–3,70
Водородный показатель	pH	7,40–8,00
Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,07–0,92
Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	1,19–5,10
Жесткость	мг-экв/ дм <sup>3</sup>	2,95–5,40
Карбонатная жесткость	мг/дм <sup>3</sup>	0,85–3,33
Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	61,38–153,80

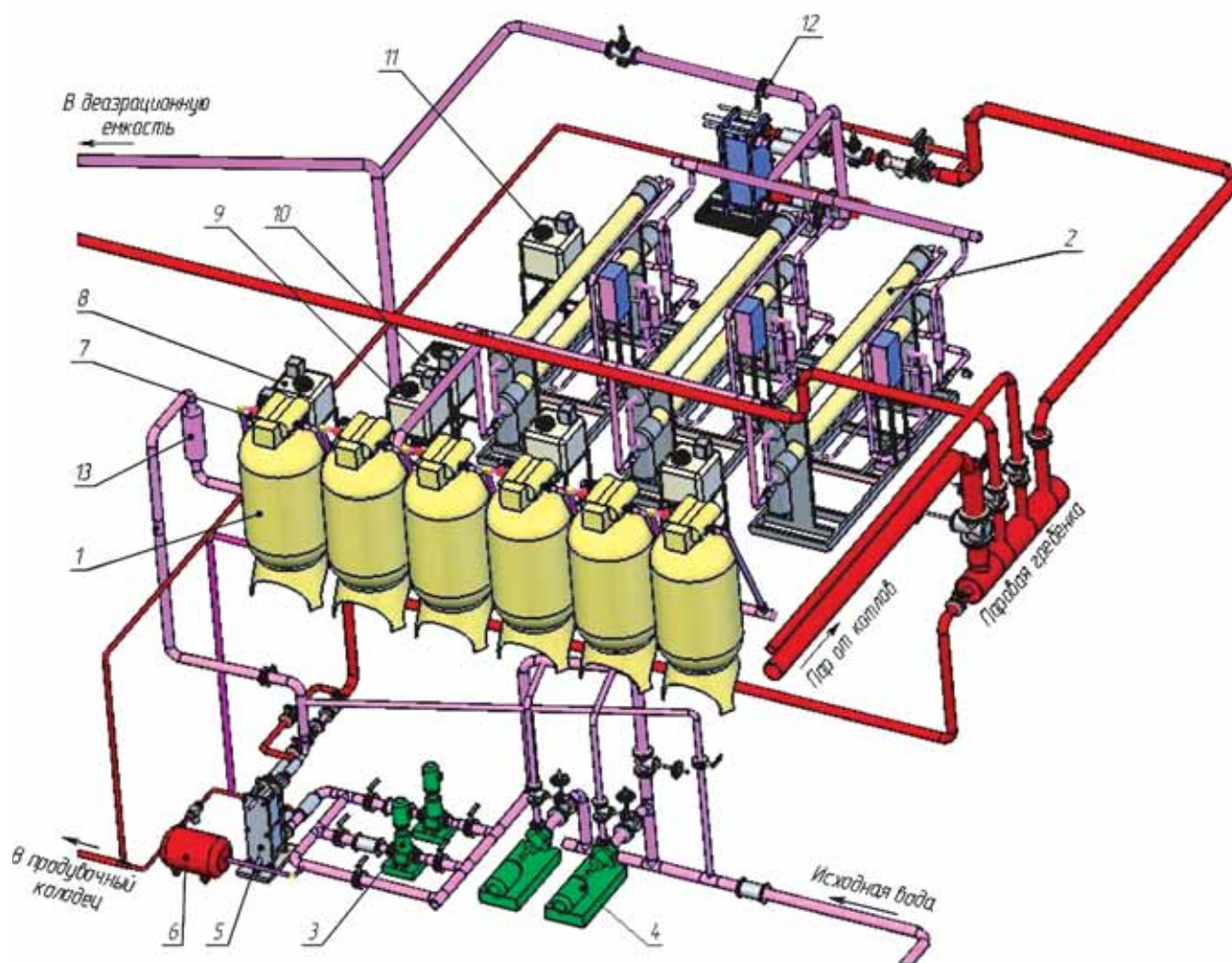


Рис. 1  
 Проектная схема установки мембранной водоподготовки котельной Увекской нефтебазы  
 1 — 6 автоматических многослойных фильтров MSL\3672\MG942, 2 — 3 мембранных установки ДВС-М/150-8-6 XLE, 3 — 2 подпиточных насоса CR 15-3, 4 — 2 подпиточных насоса (резервных), 5 — пластинчатый теплообменник VT10, 6 — бак расширительный мембранный, 7 — станция дозирования «Аква-Аурат 30», 8 — станция дозирования гипохлорита натрия, 9 — 3 станции дозирования ингибитора «Genesys LF», 10 — станция дозирования бисульфита натрия, 11 — станция коррекции pH раствором NaOH, 12 — пластинчатый теплообменник VT20, 13 — счетчик-расходомер

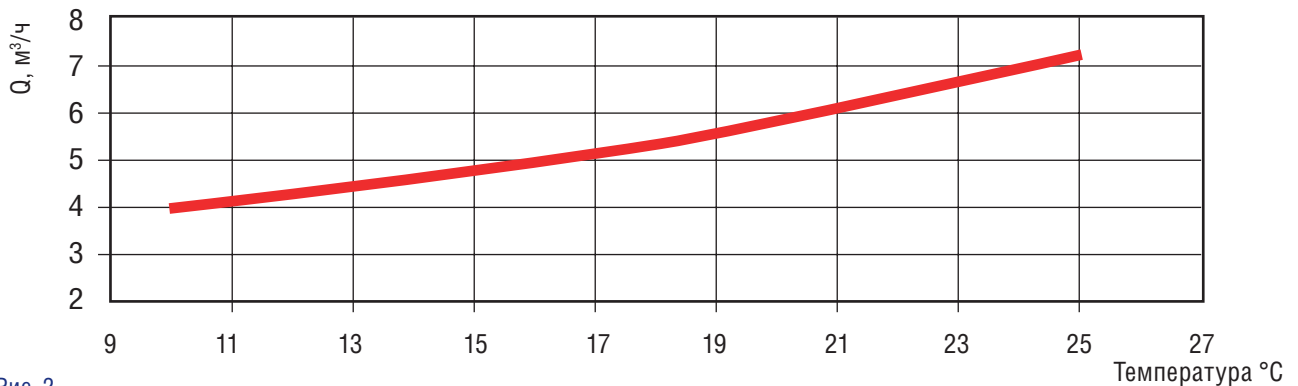


Рис. 2  
Зависимость производительности установки мембранного обессоливания от температуры исходной воды

Среди нескольких вариантов новых технологий обработки воды была выбрана технология мембранного обессоливания.

Общая проектная технологическая схема представлена на рис. 1.

Технологической схемой предусмотрена работа трех мембранных установок ДВС — М/150-8-6 XLE (производство ЗАО «НПК «Медиана-фильтр») номинальной производительностью 6 м³/ч каждая.

Каждая мембранная установка состоит из двух корпусов с тремя обратноосмотическими мембранами типа XLE — 440 фирмы Filmtec. Выбор данного типа мембран определялся самыми низкими капитальными и эксплуатационными затратами из линейки продуктов фирмы Filmtec для обработки солоноватой воды [2].

Мембранное оборудование разрабатывалось с учетом программы расчета ROSA 6.

В соответствии с рекомендациями фирмы Filmtec перед мембранными модулями установлена система подогрева исходной воды на базе пластинчатого теплообменника, а общая система предподготовки исходной воды включала в себя:

- дозирование гипохлорита натрия и коагулянта «Аква-Аурат 30»
- осветление на блоке из шести автоматических многослойных напорных фильтров MLS/ 3672/MG942 с

линейной скоростью фильтрации 6 м/ч для каждого фильтра.

- дозирование раствора бисульфита натрия для связывания остаточного хлора;
- дозирование ингибитора солеобразования «Genesys LF»;
- фильтрацию на блоке картриджных фильтров с тонкостью фильтрации 5 мкм.

Для обеспечения требования питательной воды по показателю pH осуществляется дозирование в пермеат раствора NaOH.

Результаты пуско-наладочных работ в течение первых трех месяцев эксплуатации новой системы водоподготовки представлены на рис. 2–4.

Данные представленные на рис.4 свидетельствуют о том, что качество питательной воды соответствует нормам при температуре исходной воды не более 11 °C.

Ограничение температуры подпиточной воды привело к более качественному осветлению исходной воды за счет повышения ее вязкости, но резко снизилась эффективность процесса коагуляции. Это вызвало катастрофическое падение производительности мембранных установок за счет отложения коагулянта (солей алюминия) на поверхности мембран.

Экспериментально было установлено, что для интенсификации процесса коагуляции при низкой температуре

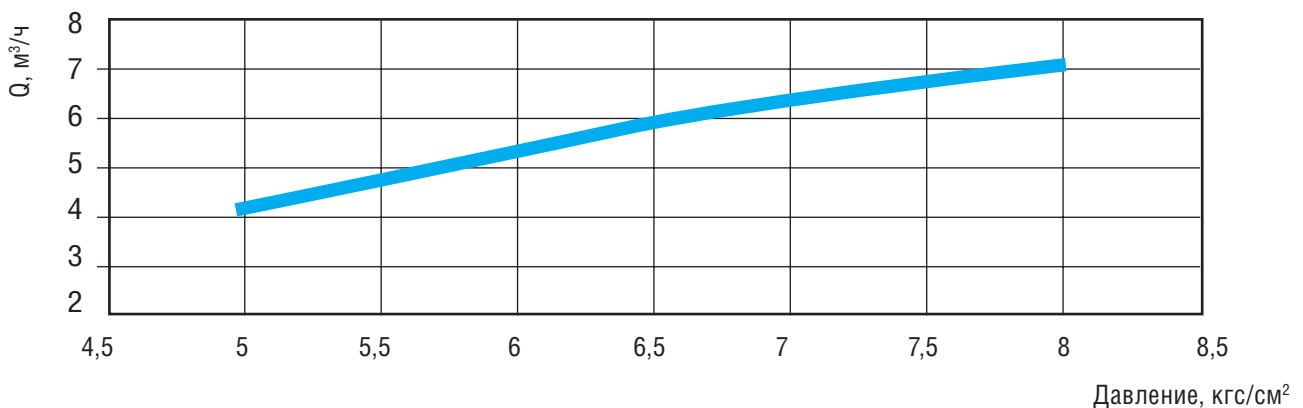


Рис. 3.  
Зависимость производительности установки мембранного обессоливания от давления воды на входе мембранного модуля



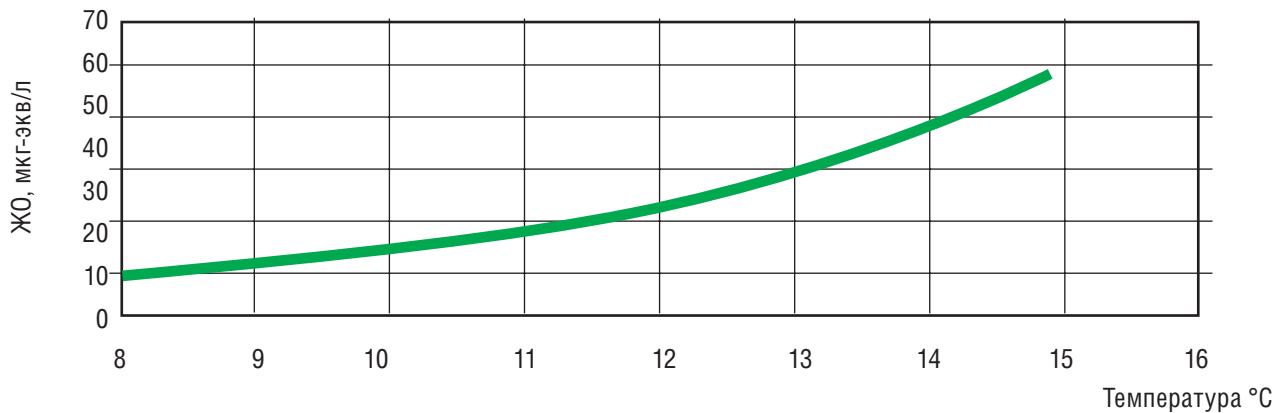


Рис. 4  
Зависимость общей жесткости пермеата от температуры воды

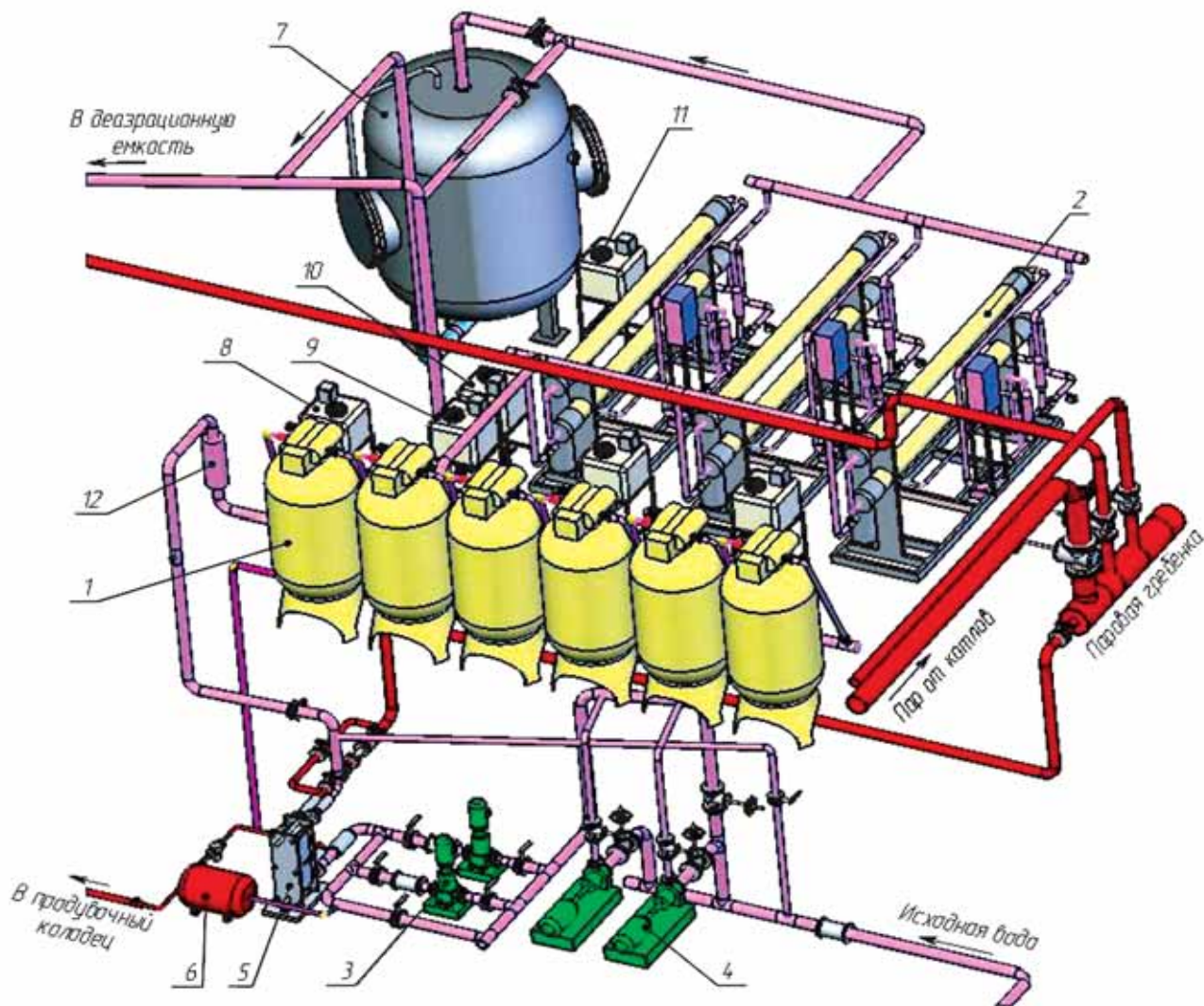


Рис. 5  
Скорректированная по результатам пуско-наладочных работ схема установки мембранной водоподготовки котельной Увекской нефтебазы  
1 — 6 автоматических многослойных фильтров MSL\3672\MG942, 2 — 3 мембранных установки ДВС-М/150-8-6 XLE, 3 — 2 подпиточных насоса CR 15-3, 4 — 2 подпиточных насоса (резервных), 5 — пластинчатый теплообменник VT10, 6 — бак расширительный мембранный, 7 — Na-катионитный фильтр ФОВ-2,0-0,6, 8 — станция дозирования гипохлорита натрия, 9 — 3 станции дозирования ингибитора «Genesys LF», 10 — станция дозирования бисульфита натрия, 11 — станция коррекции pH раствором Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 12 — счетчик-расходомер

воды наиболее эффективен флокулянт на основе полиакриламида марки А-155, а для реализации реакции хлопьеобразования необходима дополнительная контактная емкость. Данные мероприятия существенно удорожали схему предварительной подготовки воды, а также значительно усложняли эксплуатацию установки. В результате анализа работы установки специалистами ЗАО «НПК «Медиа-фильтр», ООО «НПП «ЛИССКОН» и Увекской нефтебазы было принято решение об исключении из технологической схемы операции дозирования коагулянта. При этом пришлось изменить параметры технологического режима мембранного обессоливания от рекомендуемых программой ROSA 6, а именно увеличить давление воды на входе мембранного блока с 6 до 9 бар и увеличить расход концентрата на 30 %, разработать новую технологию химической мойки мембранных элементов.

По результатам первого года эксплуатации установки в межотопительный период были дополнительно проведены следующие мероприятия:

1. Организована возможность доумягчения пермеата в существующем Na-катионитовом фильтре. Данное мероприятие позволило получить содержание солей жесткости в питательной воде на уровне 0–7 мг-экв/кг и уменьшить расход концентрата до 3,5 м<sup>3</sup>/ч с одной установки. В течение отопительного сезона 2007/2008 гг. регенерация Na-катионитового фильтра не проводилась;
2. Для корректировки значения pH пермеата, раствор NaOH был заменен на более безопасный раствор

кальцинированной соды. Значения pH питательной воды поддерживали на уровне 8,5–9,5, вследствие чего жесткость котловой воды уменьшилась с 100 до 17 мг-экв/кг.

Скорректированная по результатам пуско-наладочных работ схема мембранной водоподготовки котельной Увекской нефтебазы приведена на рис. 5.

### ВЫВОДЫ

1. Качество питательной воды после мембранной водоподготовительной установки соответствует требуемым нормам питания паровых котлов.
2. Величина непрерывной продувки снизилась с 10 % до 3 %, что позволило увеличить КПД котельной на 4 % и уменьшить общие эксплуатационные затраты примерно на 1 600 тыс. руб/год.
3. После 14 месяцев устойчивой работы котельной с мембранной водоподготовительной установкой визуальный внутренний осмотр паровых котлов показал отсутствие накипи и других отложений в трубах, коллекторах и барабанах котлов.
4. Обеспечена экологичность процесса за счет отсутствия сброса на очистные сооружения предприятия солевых стоков, содержащих повышенное содержание поваренной соли, которая отрицательно влияет на жизнедеятельность микрофлоры станции биологической очистки.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов: ПБ 10-574-03. Утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 11.06.2003 № 88
2. Сайт фирмы «Dow Chemical», [www.Dow.com](http://www.Dow.com); [www.Filmtec.com](http://www.Filmtec.com).

## БЕГУЩЕЙ СТРОКОЙ

### В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИСТУПАЮТ К РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММЫ «ЧИСТАЯ ВОДА»

Долгосрочная целевая программа Волгоградской области «Чистая вода» будет разработана в первом полугодии 2009 года. Такое поручение соответствующим службам администрации дал губернатор Николай Максютя.

Как сообщили в пресс-службе администрации, водоснабжение Волгоградской области осуществляется в большей степени за счет поверхностных источников. На их долю приходится 89,4% используемой для хозяйственно-бытовых нужд воды.

Утвержденные эксплуатационные запасы подземных вод по Волгоградской области в целом составляют 1 миллион 420,8 тысячи кубических метров в сутки, потребление — 632,7 тысячи кубических метров. Однако возможности подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения недостаточно изучены, а их качество в отдельных случаях не соответствует предъявляемым к питьевой воде требованиям, в частности, по содержанию железа, солей, жесткости и некоторым другим компонентам.

В большинстве населенных пунктов региона водозаборные и очистные сооружения выработали свой ресурс, а выделяемых на их модернизацию и внедрение новых технологий финансовых средств не хватает. Актуальной остается проблема изношенности сетей водоснабжения в городах, районных центрах и сельских населенных пунктах: в замене нуждаются 4.275 километров из 10.645,4 километра, или 40,1%. В целом по области доля непроизводительных потерь воды, не приносящих прибыль, составляет 18% от общего объема забора. В среднем при транспортировке в сетях теряется 21-23% поданной воды.

Главная цель, которой предстоит руководствоваться разработчикам программы, — обеспечение граждан питьевой водой нормативного качества, причём, в количестве, соответствующем нормам водопотребления и по доступным ценам.

# ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ЛИВНЕВЫХ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОБОРОТНОЙ СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРНОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Селицкий Г.А., Уласовец Е.А., Ермаков Д.В.**

Научно-проектная фирма «Эко-проект»,  
г. Екатеринбург, Россия

*В настоящее время многие горнометаллургические предприятия Урала сбрасывают недостаточно очищенные промышленные и ливневые сточные воды в водные объекты, нанося им непоправимый урон. Основными ингредиентами загрязнителями сточных вод данных предприятий являются ионы тяжелых металлов: медь, цинк, никель, железо.*



Промышленно-ливневой сток формируется за счет продувочных вод существующих оборотных систем, сточных вод мазутного хозяйства, регенерационных растворов от химводоподготовки котельной, а также за счет поверхностного стока ливневых и талых вод.

Качественный состав промливневых стоков, а также показатели свежей технической воды (используемой в производстве) приведены в таблице 1.

Химический состав промышленно-ливневых сточных вод характеризуется многообразием загрязняющих компонентов и существенными колебаниями качественного и количественного состава.

Многолетний опыт разработки технологий и анализ технической литературы показывает, что для очистки промливневых сточных вод различного состава рекомендованы технологические схемы, включающие механические, физико-химические, и в ряде случаев, сорбционные методы. Существенным фактором при выборе основных элементов технологических схем является дальнейшая судьба очищенных сточных вод. Физико-химические методы очистки, как правило, сопряжены с повышением общего солесодержания очищенной воды, что, в значительной мере, сокращает возможности по повторному использованию воды. Основываясь на указанных принципах, НПФ «Эко-проект» стремится предлагать технологии с минимальным повышением общего солесодержания, что достигается за счет использования природных алюмосиликатных сорбционных материалов и реагентов, синтезированных на их основе.

Таким образом, технологическая схема очистки промливневых сточных вод с высоким содержанием металлов должна содержать стадии извлечения крупных примесей и песка (решетки и песколовки), накопления и усреднения сточных вод (ливненакопитель), многостадийную физико-химическую очистку с подщелачиванием, отстаиванием, фильтрованием, возможно, сорбционным фильтрованием, и, при необходимости, обеззараживанием очищенной воды.

Таблица 1

Показатель	Свежая техническая вода	Промышленные стоки	Дождевые и талые стоки
Медь, мг/дм <sup>3</sup>	< 0,1	0,11 ÷ 1,0	0,2 ÷ 1,5
Никель, мг/дм <sup>3</sup>	< 0,1	0,10 ÷ 0,6	0,2 ÷ 1,4
Железо (общее), мг/дм <sup>3</sup>	< 0,3	0,11 ÷ 1,0	0,15 ÷ 1,5
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	< 10	60 ÷ 600	22 ÷ 100
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	< 45	50 ÷ 1000	50 ÷ 125
Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	< 0,1	0,4 ÷ 1,0	до 22
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	< 3	6 ÷ 49	до 30
Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	< 150	200 ÷ 500	250 ÷ 500
Жесткость (общая), мг-экв/дм <sup>3</sup>	1,2 — 3,3	2,5 ÷ 6,4	2,5 ÷ 3,0

Анализ водно-химического баланса горнометаллургических предприятий показывает возможность использования значительного количества очищенного промышленно-ливневого стока в производственном цикле. Повторное использование воды значительно снижает затраты на водоснабжение и частично снижает затраты на строительство очистных сооружений, за счет того, что требования к технической воде, как правило, менее жесткие, чем на сброс в окружающую среду и на сброс в систему хозяйственной канализации города.

Эффективность использования воды на промышленном предприятии оценивается по трем показателям, а именно:

1. Техническое совершенство системы водоснабжения оценивается количеством использованной оборотной воды  $P_{об}$ , %:

$$P_{об} = Q_{об.} / (Q_{об.} + Q_{ист.}),$$

где:

$Q_{об.}$  — количество воды используемой в обороте;

$Q_{ист.}$  — количество воды, забираемой из источника водоснабжения.

2. Рациональность использования воды, забираемой из источника, оценивается коэффициентом использования  $K_{ист.}$ :

$$K_{ист.} = (Q_{ист.} - Q_{сбр.}) / Q_{ист.} \leq 1,$$

где:

$Q_{сбр.}$  — количество воды, сбрасываемой в водоем.

3. Потери воды определяются по формуле:

$$P_{пот.} = [(Q_{ист.} - Q_{сбр.}) / (Q_{ист.} + Q_{посл.} + Q_{об.})] \cdot 100,$$

где:

$Q_{посл.}$  — количество воды, используемой в производстве последовательно.

Наличие оборотной системы водного хозяйства является одним из важнейших показателей технического уровня промышленных предприятий. Внедрение систем оборотного водоснабжения позволяет резко снизить количество сбрасываемых сточных вод и уменьшить потребности в свежей воде, что дает большой экономический и экологический эффект.

Создание оборотных систем водного хозяйства промышленных предприятий базируется на следующих принципах:

1. Водоснабжение и канализация должны рассматриваться в совокупности, когда на предприятии создается единая система, включающая водоснабжение, водоотведение и очистку сточных вод как подготовку для повторного использования.
2. Для водоснабжения основными должны являться очищенные производственные воды, а также поверхностный сток. Свежая вода из водоисточников должна использоваться только для особых целей и для восполнения потерь.
3. Очистка должна сводиться к регенерации отработанных технологических растворов и воды с целью их повторного использования в производстве. При этом основным звеном оборотных схем водного хозяйства являются локальные системы, что позволяет двигаться к цели поэтапно, затрачивая минимум средств.
4. Разработке оборотной системы должны предшествовать мероприятия по минимизации расхода воды.

С оборотными системами обычно связаны четыре проблемы:

- Коррозия.
- Отложения и накипеобразования.
- Загрязнение оборотной воды пылью, продуктами коррозии, солями.
- Микробиологическое загрязнение оборотной воды.

Таким образом, водоподготовка для систем охлаждения и оборотного водоснабжения заключается в удалении из оборотной воды накапливающихся загрязнений обычными физико-химическими методами или продувкой, а также в дозировании в воду биоцидов, корректоров величины рН, ингибиторов коррозии и накипеобразования.

На основании данных водного баланса, который характерен для целого ряда заводов цветной металлургии Урала, определены коэффициенты, характеризующие работу оборотных систем водоснабжения данных предприятий.

1.  $P_{об.} = 0,95$
2.  $K_{ист.} = 0,85$
3.  $P_{пот.} = 3,6 \%$

Данные анализа водного баланса подтверждают, что, несмотря на высокую степень использования оборотной воды на технологические нужды предприятия, все потери воды в технологии восполняются за счет технической воды, которая забирается из водоёма. Вместе с тем, политика ресурсосбережения диктует, что для восполнения потерь в системе водоснабжения предприятия основным источником должны быть очищенные производственные воды, а также поверхностный сток. Свежая вода из водисточников должна использоваться только для особых целей.

Водоподготовка для систем охлаждения и оборотного водоснабжения заключается в удалении из оборотной воды накапливающихся загрязнений физико-химически-

ми, сорбционными методами или продувкой, а также в дозировании в воду биоцидов, корректоров рН, ингибиторов коррозии и накипеобразования.

На основании результатов промышленных исследований предложена принципиальная технологическая схема очистки промливневых сточных вод, которая приведена на рисунке 1.

Производственные, дождевые и талые сточные воды по существующим сетям промышленно-ливневой канализации поступают в ливненакопитель (Лн). Ливненакопитель выполняет функцию усреднения промышленных сточных вод и накопления пикового расхода ливневых вод.

Насосной группой при ливненакопителе усредненные по составу сточные воды постоянным расходом подаются в блок физико-химической очистки.

Предлагается следующая технология физико-химической очистки промливневых сточных вод. Усредненный сток с помощью насосов группы Н1 направляется в блок реагентной очистки, где последовательно смешивается с суспензией реагента «Экозоль-401», известковым молоком, раствором флокулянта ВПК-402. Обработка воды реагентами проводится в смесителе См. После стадии смешения вода поступает в отстойник-флокулятор ОФ, оборудованный тонкослойными полочными элементами. Осветленная вода из отстойника направляется в резервуар осветленной воды РР1, откуда с помощью насосов группы Н2 подается на механические напорные фильтры с песчаной загрузкой Ф1 для доочистки от взвеси. Затем

Таблица 2

Показатели	Единицы измерения	Исходная вода	Требования к подпиточной воде
рН	ед.рН	8,5	7,0-8,5
Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	4,3	14,0
Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	0,04	0,04
Медь	мг/дм <sup>3</sup>	0,017	0,13
Никель	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,19
Железо (общее)	мг/дм <sup>3</sup>	0,053	0,26
Мышьяк	мг/дм <sup>3</sup>	0,042	0,05
Жесткость (общая)	мг-экв/дм <sup>3</sup>	4,9	2,0
Кальций	мг-экв/дм <sup>3</sup>	3,3	1,5
Магний	мг-экв/дм <sup>3</sup>	1,6	0,5
Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	123	230
Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	152	187
Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	799	900
Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,135	0,25
ХПК	мгО/дм <sup>3</sup>	37	55

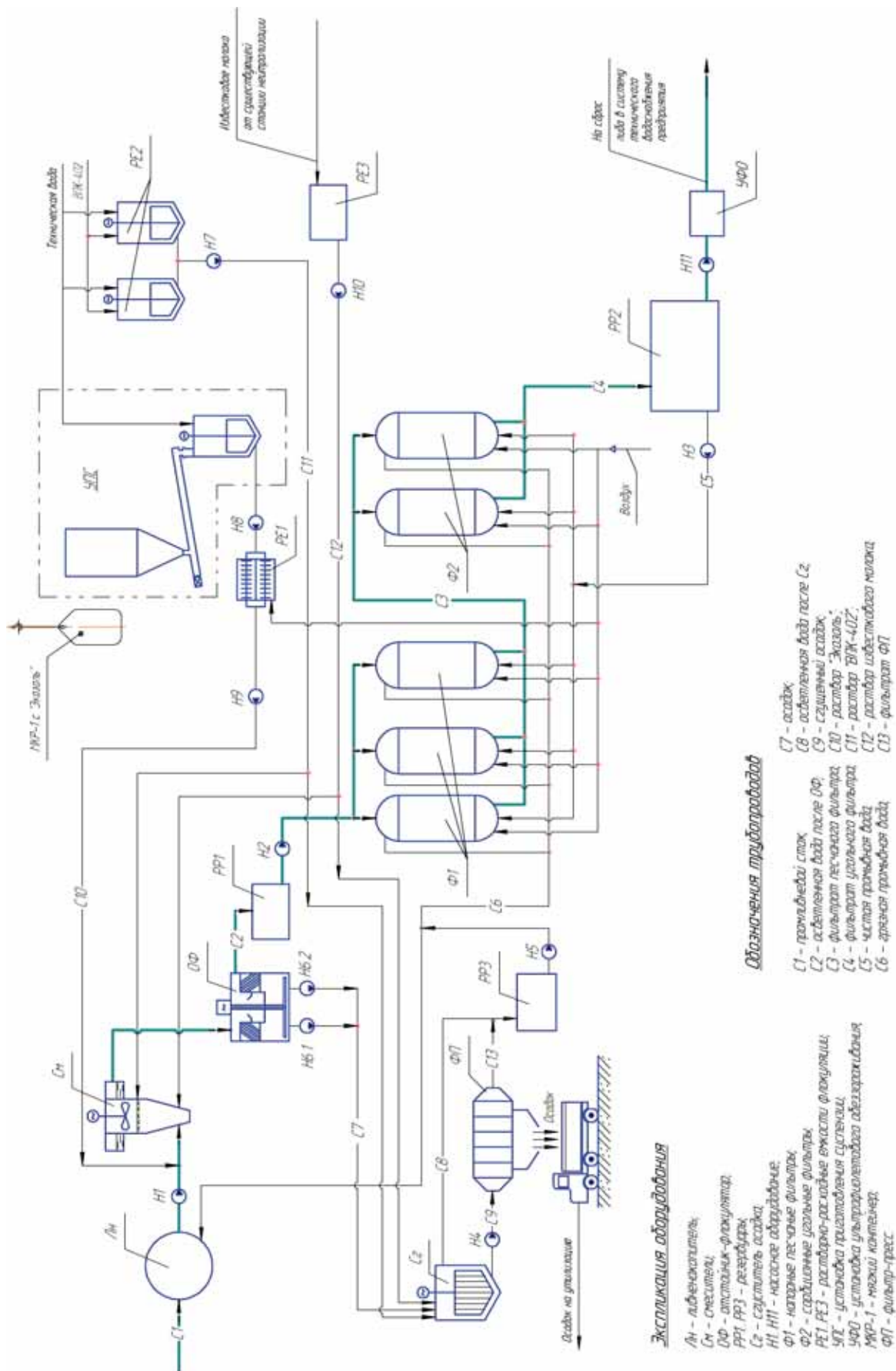


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема очистки промышленных сточных вод.

под остаточным напором отфильтрованная вода поступает на напорный фильтр Ф2 с сорбционной загрузкой (активированный уголь) для финишного извлечения органических веществ и снижения ХПК. Фильтрат сорбционного фильтра отводится в самотечные сети выпуска, а частично накапливается в резервуаре РР2, откуда с помощью насосов группы НЗ подается на промывку песчаных и сорбционных фильтров.

Приготовление 5 % рабочей суспензии реагента «Экозоль-401» осуществляется в два этапа. На первом из сухого порошкообразного продукта готовится 10 % суспензия с помощью установки приготовления суспензии (УПС) и с помощью насоса перекачивается в расходные емкости, где подвергается разбавлению и «вызреванию» в течение 12 часов. В процессе вызревания суспензия должна перемешиваться либо сжатым воздухом, либо механически. Дозирование осуществляется насосом-дозатором перильстатического типа.

Приготовление рабочего раствора ВПК-402 осуществляется в двух растворно-расходных емкостях полезным объемом 2 м<sup>3</sup>. Дозирование осуществляется насосом-дозатором плунжерного типа.

Приготовление известкового молока осуществляется в существующей станции нейтрализации с подачей готового молока в расходную емкость рабочим объемом 2–3 м<sup>3</sup> с воздушным перемешиванием, дозирование осуществляется насосом-дозатором перильстатического типа.

Влажный осадок из отстойника-флокулятора периодически откачивается в сгуститель осадка, где подвергается сгущению и дополнительной обработки известковым молоком, затем с помощью насоса подается на обезвоживание на фильтр-пресс ФП.

Промывные воды песчаного и угольного фильтра целесообразно в самотечном режиме отводить по сетям ливневой канализации и подвергать очистке совместно с исходным промливневым стоком.

С целью максимального использования сточных вод в системе промышленного водоснабжения ниже приведен возможный вариант технологической схемы их доочистки для одного из горнометаллургических предприятий Урала.

### ПРИМЕНЕНИЕ НАТРИЙ-КАТИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ДООЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ И ЛИВНЕВЫХ СТОЧНЫХ ВОД

#### Исходные данные:

- Расход оборотной воды — 64827 м<sup>3</sup>/сут
- Расход технической воды на подпитку оборотной системы — 2874 м<sup>3</sup>/сут
- Потери воды в производстве — 1670 м<sup>3</sup>/сут
- Расход воды на производство пара и горячей воды — 1206,5 м<sup>3</sup>/сут
- Химический состав исходной воды приведен в таблице 2.

Требования к химическому составу подпиточной воды для оборотных систем определяются условиями её использования в конкретных технологических процессах. В условиях работы оборотных систем, многократный нагрев воды до 40–45 °С и её охлаждение в вентиляторных градирнях приводят к потерям диоксида углерода и отложению на поверхностях теплообменников и труб карбоната кальция.

При высокой постоянной жёсткости оборотной воды, обусловленной содержанием сульфата кальция, упаривание воды в цикле может привести к превышению произведения его растворимости и образованию прочных сульфатных отложений, удаление которых чрезвычайно затруднительно.

Поэтому, основным требованием к воде, расходуемой на подпитку оборотных систем, является ограничение её карбонатной и сульфатной жёсткости. Сульфат кальция не выпадает в системе оборотного водоснабжения, если произведение активных концентраций ионов Ca<sup>2+</sup> и SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> в оборотной воде не превышает произведение растворимости сульфата кальция

$$f_u^2 C_{Ca} C_{SO_4} K_y^2 < PP_{CaSO_4}$$

где:

$f_u$  — коэффициент активности двухвалентных ионов, принимаемый в зависимости от величины  $m$ -ионной силы воды, г-ион/дм<sup>3</sup>

$PP_{CaSO_4}$  — произведение растворимости сульфата кальция (константа), при температуре воды 25–60 °С следует принимать равным  $2,4 \cdot 10^{-5}$ .

Содержание растворимых солей в оборотной воде растёт пропорционально коэффициенту её упаривания. При этом возрастает и коррозионная активность воды, что вызывает необходимость применения ингибиторов коррозии. В отсутствие ингибиторов предельное содержание солей в оборотной воде не рекомендуется допускать выше 2 г/дм<sup>3</sup>.

Требования к химическим показателям подпиточной воды можно определить на основании данных материального и солевого баланса оборотной системы:

$$Q_{ун.} + Q_{сб.} + Q_{пр.п.} + Q_{исп.} = Q_n,$$

где:

$Q_{ун.}$  — унос воды на градирне;

$Q_{сб.}$  — количество воды, сбрасываемой в виде «продувки»;

$Q_{исп.}$  — количество воды, испаряющейся на градирне;

$Q_{пр.п.}$  — количество производственных потерь.

Допустимое содержание солей в подпитывающей воде определяется условием сохранения постоянства состава оборотной воды, циркулирующей в системе:

$$Q_n \cdot C_n = (Q_{ун.} + Q_{сб.} + Q_{пр.п.}) \cdot C_{об.},$$

$$C_n = C_{об.} \cdot (Q_{ун.} + Q_{сб.} + Q_{пр.п.}) / Q_n.$$

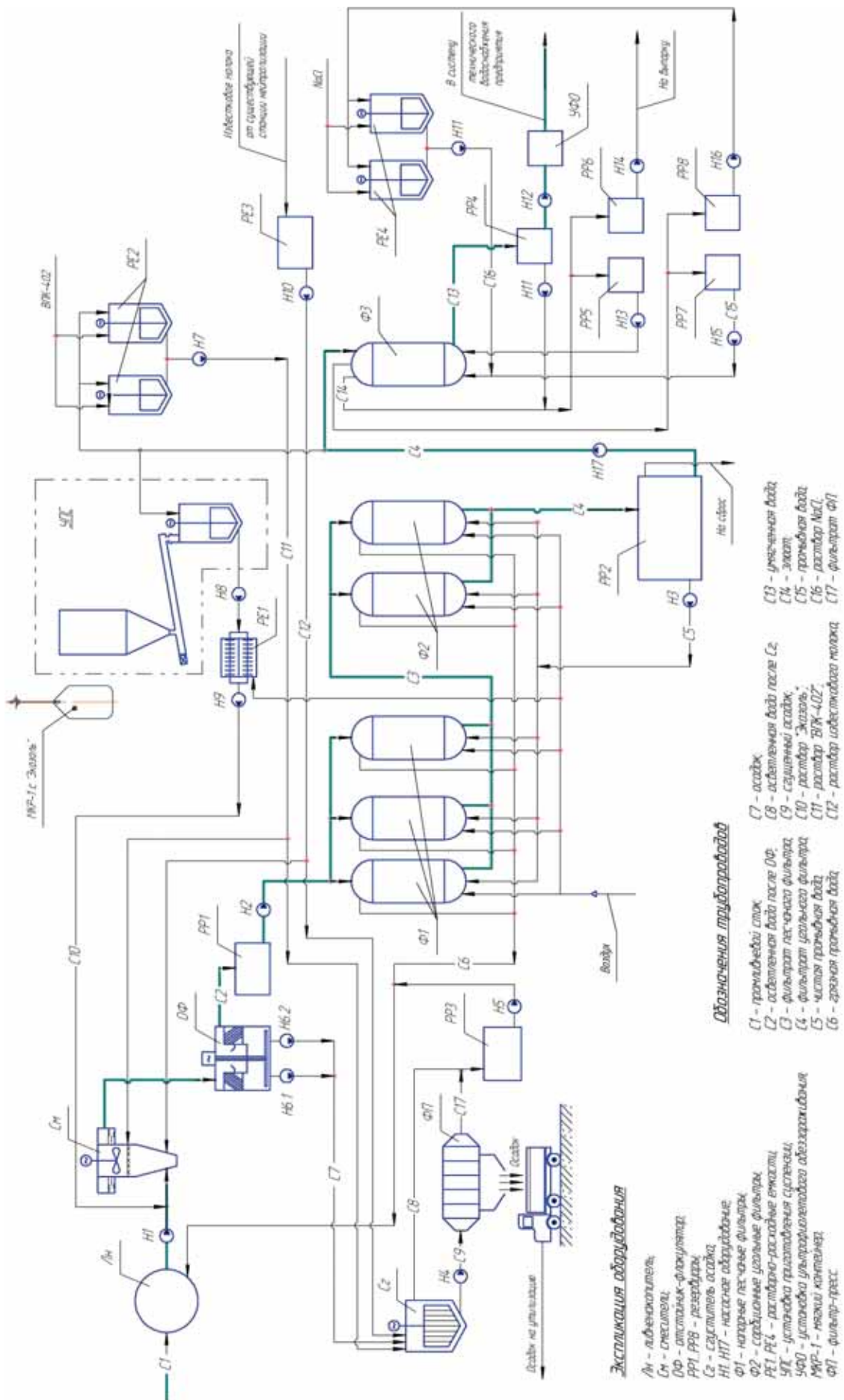


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема очистки промывочных сточных вод со стадией умягчения очищенной воды



Средние потери воды от каплеуноса на градирне 0,4 %; для условий горно-металлургических предприятий Урала каплеунос составляет:

$$Q_{ун.} = 0,4 \cdot Q_{сб.} = 0,4 \cdot 64827 = 25,93 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

$$C_{сух.ост.} = [(25,93 + 418 + 1670,2) \cdot 1000] / Q_{п.} = 735,6 \text{ мг/дм}^3$$

$$C_{SO_4} = (2114,13 \cdot 200) / 2874 = 0,735 \cdot 200 = 147,1 \text{ мг/дм}^3$$

$$C_{Cl} = 257,2 \text{ мг/дм}^3$$

$$C_{о.ж.} = 0,735 \cdot 5 = 3,6 \text{ мг-экв/дм}^3$$

$$C_{Ca} = 0,735 \cdot 4 = 2,94 \text{ мг-экв/дм}^3$$

Расчёт состава подпиточной воды показал, что для осуществления использования очищенных промышленных и ливневых вод в качестве воды, идущей на возмещение потерь воды в оборотной системе, необходима их доочистка, а именно: снижение концентрации солей жёсткости.

Для условий многих металлургических предприятий Урала наиболее экономичным способом умягчения является способ натрий-катионирования. Это объясняется тем, что для реализации данного метода на предприятиях

имеется всё необходимое оборудование и инфраструктура для его установки и дальнейшей эксплуатации. Кроме того, имеются технологические переделы для обработки и утилизации отходов.

### РАСЧЁТ УСТАНОВКИ НАТРИЙ-КАТИОНИРОВАНИЯ

#### Исходные данные

Химический состав воды, поступающей на натрий-катионитовые фильтры, приведен в таблице 2.

Технологические данные для расчёта натрий-катионитовых фильтров:

1. Скорость фильтрования, м/ч — 10
2. Скорость регенерации, м/ч — 1,5
3. Интенсивность взрыхления, л/(с·м<sup>2</sup>) — 3
4. Время взрыхления, мин — 7
5. Скорость отмывки катионита после регенерации, м/ч — 6
6. Регенерационный раствор — 10-15 % раствор NaCl
7. ДОЕ КУ по сумме двухвалентных металлов — 1050 г-экв/м<sup>3</sup> набухшей смолы

Производительность фильтра по умягчённой воде будет составлять:

$$Q = F \times W = 7,1 \times 15 = 106,5 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Дальнейший расчёт расхода реагентов выполнен при производительности фильтра 100 м<sup>3</sup>/ч.

Таблица 3

**Химический состав подпиточной воды (после натрий-катионирования)**

Показатели	Единицы измерения	Вода после натрий-катионирования	Требования к подпиточной воде
рН	ед.рН	7,5- 8,0	7,0-8,5
Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	1,5-2,5	14,0
Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	0,02	0,04
Медь	мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,13
Никель	мг/дм <sup>3</sup>	0,03	0,19
Железо (общее)	мг/дм <sup>3</sup>	0,03	0,26
Мышьяк	мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,05
Жесткость (общая)	мг-экв/дм <sup>3</sup>	0,2	2,0
Кальций	мг-экв/дм <sup>3</sup>	0,15	1,5
Магний	мг-экв/дм <sup>3</sup>	0,05	0,5
Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	123	230,
Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	152	187
Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	680	900
Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	0,135	0,25
ХПК	мгО/дм <sup>3</sup>	7,0	55

Объём загруженного катионита при высоте слоя 1,8 м составляет — 12,6 м<sup>3</sup>.

Число регенераций каждого натрий-катионитового фильтра в сутки определяется по формуле:

$$n = (24 \cdot Ж_0 \cdot Q_{Na}) / (f_{Na} \cdot H_{ел} \cdot E_p) =$$

$$= (24 \cdot 6 \cdot 100) / (7,1 \cdot 1,8 \cdot 800) = 1,4$$

Расход 100 % соли на одну регенерацию натрий-катионитового фильтра определяется:

$$G_{NaCl} = (E_p^{Na} \cdot f_{Na} \cdot H_{сл} \cdot q_c) / 1000 =$$

$$= (800 \cdot 7,1 \cdot 120 \cdot 1,8) / 1000 = 1,2 \text{ т}$$

## ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ НАТРИЙ-КАТИОНИРОВАНИЯ

Сточные воды после предварительной очистки (с применением «Экозол-401», щелочного реагента и флокулянта ВПК-402) и осветления в отстойнике-флокуляторе поступают в сборник, из которого насосом подаются последовательно на механические, сорбционные и катионитовые фильтры. Умягчённая вода поступает в сборник, из которого направляется затем потребителям (рис. 2).

Сборник осветлённой воды рассчитывается на 20-30 минутный расход подпиточной воды. Его ёмкость составляет 25 м<sup>3</sup> при производительности установки 120 м<sup>3</sup>/ч.

Механические фильтры проектируются на производительность 120 м<sup>3</sup>/ч. Скорость фильтрования принимается равной 12 м/ч. В этом случае необходимая площадь фильтрования:

$$F = Q / W = 120 / 10 = 12 \text{ м}^2$$

Рекомендуется принять два рабочих фильтра диаметром 3,0 м и площадью 7,1 м<sup>2</sup>.

Сорбционные фильтры также рассчитываются на

производительность 120 м<sup>3</sup>/ч. Рекомендуемая скорость фильтрования — 10 м/ч. В качестве загрузки фильтра рекомендуется активированный уголь АГ-3, БАУ, АР-3.

Высота загрузки — 2,2–2,8 м.

Рекомендуется принять два рабочих фильтра диаметром 3,0 м.

Натрий-катионитовые фильтры рассчитываются на производительность 50 м<sup>3</sup>/ч. Суммарное содержание двухвалентных металлов в очищаемой воде составляет не более 6 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Скорость фильтрования — 15 м/ч. Удельный расход соли на регенерацию — не более 120 г/г-экв. Концентрация регенерационного раствора NaCl — 5-8 %. Скорость пропуска регенерационного раствора, м/ч — 3-4. Удельный расход отмывочной воды, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> катионита — 6.

В качестве натрий-катионитовых фильтров предлагается использовать корпуса фильтров диаметром 3,0 м и скорости фильтрования 15 м/ч. годовой расход соли составит:

$$G = 1,2 \cdot 365 \cdot 1,4 = 613,2 \text{ т/год.}$$

При повторном использовании элюатов в цикле регенерации расход соли можно сократить на 40 %:

$$G_{ср.} = 613,2 \cdot 0,4 = 245,3 \text{ т/год.}$$

т.е. годовой расход может быть доведён до 367,9 т/год. Технологическая схема натрий-катионирования приведена на рисунке.

Остаточная жёсткость умягчённой воды при одноступенчатой схеме натрий-катионирования не превышает 0,2 г-экв/дм<sup>3</sup>.

Состав подпиточной воды, который она будет иметь после натрий-катионирования, приведены в таблице 3.

Применение подпиточной воды с такой величиной общей жесткости обеспечит надежную эксплуатацию оборотных циклов водоснабжения.

## БЕГУЩЕЙ СТРОКОЙ

### АНГАРСКИЕ СТАНЦИИ УФО И ДОЗИРОВАНИЯ ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ СТАНУТ ПИЛОТНЫМИ ДЛЯ ВОДОКАНАЛОВ ВСЕЙ ОБЛАСТИ

Строительство современной станции приема и дозирования гипохлорита натрия и станции ультрафиолетового обеззараживания воды завершается на водоочистных сооружениях МУП «Ангарский Водоканал». Как сообщил Телеинформу заместитель главы администрации г. Ангарска Юрий Дудаков, средства на приобретение новейшего технологического оборудования выделяются в соответствии с муниципальной программой «Вода питьевая» из городского и областного бюджетов.

Программа рассчитана на три года (2008-2010 гг.), ее бюджет — 65 млн рублей. В 2008 году за реализацию программы будет потрачено 49,5 миллионов рублей, в том числе 44,6 миллионов из областного бюджета, 3,3 миллиона — из городского и 1,5 млн рублей — из собственных средств «Ангарского водоканала».

По словам начальника цеха водоочистки «Ангарского Водоканала» Вадима Русецкого, новые очистные станции позволят кардинально улучшить состояние питьевой воды. Подобных сооружений в Иркутской области больше нет. Директор МУП «Ангарский Водоканал» Галина Рудникова отметила, что проект программы «Вода питьевая» станет пилотным для всей области. Особенно важна станция приема и дозирования гипохлорита натрия, которая позволит водоканалам региона перейти на безопасную водоподготовку.

Кроме того, по словам Галины Рудниковой, внедрение новой технологии на водоканалах других городов области позволит использовать мощности «Саянскимпласта», как основного поставщика гипохлорита всего региона. Завершение строительства новых очистных станций в Ангарске ожидается к концу 2008 года, а в 2009 году объекты будут вводиться в эксплуатацию.

Телеинформ

# АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ

**А. А. Ратников**

Генеральный директор ЗАО СПО «БиоСтрой»

*Что такое «автономные системы» и какова их роль и место среди прочих систем канализации? МДС 40–2.2000 дает нам следующее определение: «Системы канализации относятся к автономным, если они обеспечивают водоотведение от многоквартирного дома или усадьбы с надворными постройками и не связаны с системами водоотведения от других объектов, в отличие от местных систем, обслуживающих многоквартирный дом или группу близкорасположенных домов, и централизованных систем канализации, охватывающих все или большую часть объектов населенного пункта».*

Как правило, автономная система канализации является индивидуальной, т. е. расположена в границах объекта недвижимости, принадлежащего пользователю и является его собственностью (ТСН ЭК–97 МО).

Таким образом, существуют два основных вида систем канализации:

1. Автономные системы, предназначенные для отдельно стоящих домов или усадеб. Их характеризуют относительно небольшие расходы сточных вод (1–5 м<sup>3</sup>/сут.) и заметная неравномерность в их поступлении, как по расходу, так и по концентрации загрязнений;
2. Централизованные (в той или иной мере) системы, предназначенные для группы домов или целого населенного пункта. Эти системы отличаются большими расходами стоков и меньшими неравномерностями в их поступлении.

Для каждой из этих систем существуют свои инженерные решения, обусловленные очевидными принципиальными различиями в объемах и характере образования, очистке и отведении сточных вод.

Реалии современного строительного рынка России, в силу ряда объективных и субъективных факторов, имеют значительный перекос в сторону использования автономных систем там, где с точки зрения инженерии, экологии и здравого смысла, необходимо использовать системы централизованные.

Примерно треть застройщиков при решении вопроса об инженерном обеспечении участков, предназначенных под малоэтажное коттеджное строительство, затрудняются с выбором между местными и централизованными системами. Другая треть склоняется к автономным системам, и только оставшаяся треть уверенно строит централизованные системы.

Таково положение в новом строительстве, где есть все возможности изначально заложить централизованную систему для всего населенного пункта.

Гораздо хуже обстоят дела при решении вопроса о канализовании в уже сложившихся населенных пунктах, не имеющих централизованной канализации. Отдельно взятый домовладелец вынужден строить автономную систему, поскольку перспективы строительства централизованной системы просто отсутствуют.

Что же предлагается на российском рынке автономных систем канализации?

Прежде всего, это так называемые ЛОСы (локальные очистные сооружения). Название не совсем корректное, поскольку, исходя из действу-





ющей нормативно-технической документации, ЛОС это сооружения предочистки перед сбросом в коммунальные системы водоотведения. Под аббревиатурой ЛОС чаще

всего скрываются SBR-реакторы периодического действия (sequencing batch reactor). Часто ЛОСами или биосептиками называют вообще любое аэрационное сооружение, в отличие



от анаэробных очистных сооружений, основанных на использовании септиков с последующей почвенной доочисткой и поглощением стоков грунтом.

Кроме аэробных реакторов и септиков, на рынке представлены и комбинированные системы. Таких систем достаточно много, но всех их объединяет одно. Они сложны в эксплуатации и требуют наличия электроэнергии. Мы не ставили перед собой задачу провести анализ и классификацию всех этих гибридов, потому что убеждены, что для нужд автономной канализации такие установки избыточны.

Теоретически процесс очистки стоков в SBR-реакторе принципиально отличается от традиционных аэрационных сооружений, используемых в централизованных системах канализации, только тем, что процесс биологической очистки происходит последовательно в одной единственной емкости. В традиционных установках очистка происходит в нескольких последовательно установленных емкостях. То есть реактор собственно и состоит из одной емкости, в которой можно организовывать разные процессы — аэробный или анаэробный. Можно даже запустить режим отстойника.

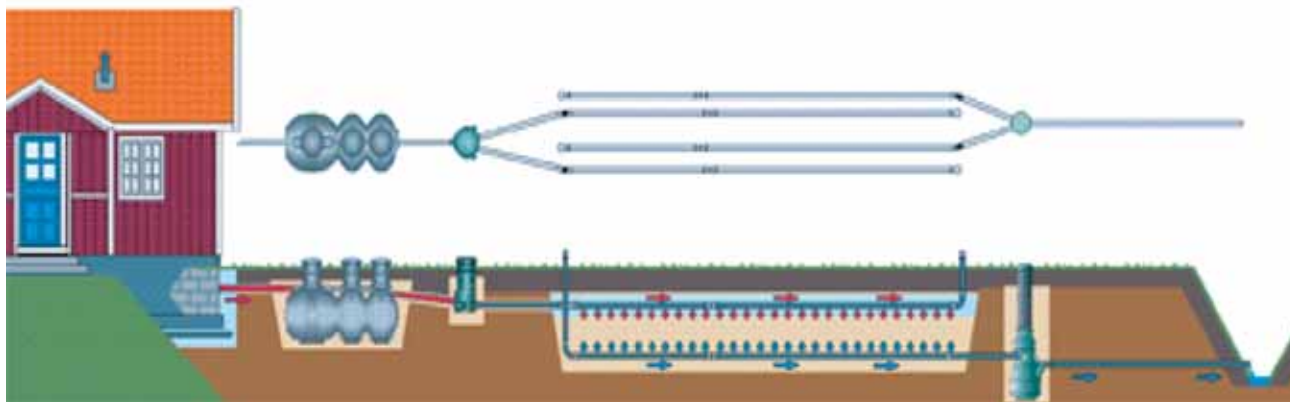
Совмещение различных процессов в одном объеме создает известные сложности, поскольку и аэробные, и анаэробные

микроорганизмы вынуждены сосуществовать в одном и том же объеме реактора. Наличие кислорода подавляет жизнедеятельность анаэробов, его отсутствие — аэробов.

Периодическая циклическая аэрация приводит к тому, что в реакторе начинают развиваться гетеротрофные аэробные микроорганизмы, способные потреблять органические загрязнения как в присутствии кислорода, так и в его отсутствии. При поступлении на установку стока с низким содержанием органических загрязнений (только бытовые воды), органики не хватает на полное удаление азота нитратной группы, происходит накопление нитратов в реакторе и их вынос с потоком очищенных вод, норматив на сброс нитратов не соблюдается.

Устойчивость биоценоза реактора к внешним воздействиям гораздо более слабая, нежели септика. Его объем меньше объема септика равной с ним производительности примерно в 6–7 раз. Отравить меньший объем реактора залповым сбросом какой-нибудь бытовой химии гораздо проще, чем больший объем септика. Кроме того, для подачи воздуха в такой реактор используют компрессоры мощностью от 25 до 60 Вт. Примерно как и в аквариуме средних размеров. Если формально посчитать потребность в кислороде для биохимической реакции окисления, этот компрессор ее





обеспечит. Но дело в том, что активный ил в реакторе необходимо поддерживать во взвешенном состоянии, а для этого производительности такого компрессора явно недостаточно. Перемешивание происходит плохо, что также снижает эффективность очистки.

Несоответствие заявленного эффекта очистки реальному результату вполне очевидна для любого специалиста в области биологической очистки стоков. Однако производители реакторов обзавелись сертификатами соответствия и позиционируют свои изделия как соответствующие требованиям российского СанПиНа. Осталось только понять, каким образом достигается такой эффект. Первые импортные аэрационные реакторы появились на российском рынке в середине 1990-х годов. Одним из ярких представителей этих устройств является чешская установка «Топас». Однако эта установка никогда не давала столь высокой степени очистки, которую требуют наши нормативы. Она соответствует европейским нормам, которые по основным показателям почти на порядок мягче российских. За несколько лет российские производители «усовершенствовали» этот тип установок, «улучшив» его показатели примерно в 10 раз. Органы сертификации, выдавшие на все эти «усовершенствования» сертификаты соответствия, не имели и не имеют специалистов, способных оценить даже теоретические возможности данной технологии. Спихватились, когда появились первые реальные результаты и анализы стоков, очищенных на SBR-реакторах. Но и тогда было принято половинчатое решение — во вновь выдаваемых сертификатах появилась фраза о том, что он только подтверждает гипотетические возможности установки, а вот проект ее конкретного применения подлежит дополнительному согласованию. Впрочем, это не остановило победного шествия реакторов на российском рынке, поскольку конечный потребитель не в состоянии оценить лукавства формулировки, снимающей всякую ответственность с производителя и органов, выдавших сертификат. В подавляющем большинстве случаев ответственность за несоблюдение норматива перекладывается на владельца установки под предлогом «неправильной эксплуатации».

Ситуацию усугубляет и тот факт, что наши нормативы без дополнительных дорогостоящих сооружений доочистки технологически недостижимы даже для больших

сооружений, не говоря уж о микроустановках объемом в пару сотен литров. Это понимают все, но продолжают ходить по заколдованному кругу взаимного лукавства. Проектировщики и производители оборудования делают вид, что проектируют и производят системы, достигающие степени очистки, предписанной СанПиН, органы по сертификации выдают сертификаты, экспертиза все это согласовывает, эксплуатационные службы и армия контролеров делают вид, что нормативы соблюдаются. Такая вот печальная картина.

Хочу подчеркнуть, что эти нездоровые явления говорят не столько о несовершенстве тех или иных очистных устройств и установок, сколько о вопиющих недостатках существующей в России системы нормирования, давно на практике доказавшей свою несостоятельность в управлении водными ресурсами. Любая технология в состоянии дать только то, что она может, а не то, что требуют от нее чиновники от экологии. Мировой опыт свидетельствует о возможности применения более действенного механизма нормирования, основанного не на мифическом достижении нереальных показателей, а на показателях, которые могут быть обеспечены наилучшими доступными технологиями и методами, реально действующими технологическими процессами. В настоящее время, когда обсуждаются и разрабатываются новые принципы нормирования в соответствии с международной системой допустимого воздействия на водные объекты и техническими (технологическими) нормативами, соответствующими наилучшим доступным технологиям и методам, необходимо разграничить область применения тех или иных технологий. Тогда и только тогда аэрационные технологии очистки сточных вод займут свою нишу, в которой они необходимы и где они дают наилучшие результаты.

Впрочем и в рамках действующей системы нормирования вполне возможно уже сейчас провести такое разграничение. Препятствий к тому нет, достаточно здравого смысла и воли тех, кто принимает решение о проектировании того или иного типа очистных сооружений для конкретного объекта.

Области применения различных типов установок примерно следующие:

- при расходах до 3–5 м<sup>3</sup>/сут. — септики и почвенная фильтрация;

- 3–5...20–30 м³/сут. — реакторы и гибридные сооружения;
- свыше 30 м³/сут. — централизованные системы с классическими сооружениями.

Автономная канализация это очистные системы для одного или нескольких отдельно взятых домов. Диапазон расходов — от одного (иногда меньше) до 3–5 м³/сут. В этом диапазоне расходов предпочтение следует отдавать именно септикам и почвенной фильтрации (поглощению) стоков, а не аэрационным системам, которые лучше приспособлены для очистки больших расходов сточных вод и не могут быть адаптированы для нужд автономной канализации с приемлемым результатом очистки и адекватной стоимостью. Стоимость автономных систем на основе септиков и почвенной доочистки в разы меньше аэрационных аналогов. Они просты в устройстве и эксплуатации, энергонезависимы и гораздо более устойчивы ко всем тем факторам, которые выводят реакторы из нормальной работы. При этом они с успехом решают задачу очистки и утилизации сточных вод в небольших количествах.

Сточные воды загородного дома практически не содержат вредных химических веществ в опасных концентрациях. Основными загрязнителями являются соединения азота и фосфора с явным преобладанием азота. Их

концентрации описываются величинами нескольких миллиграммов в литре. Любое азотное или фосфорное удобрение применяется в концентрациях несколько грамм на литр активного вещества, т. е. в тысячу раз больше. Практически концентрация этих веществ в стоке совпадает с концентрацией питательных растворов для гидропоники.

Таким образом, почвенная утилизация (поглощение) предварительно осветленных в септике бытовых сточных вод загородного дома является наиболее экологически приемлемым, экономичным, надежным и разумным способом утилизации стоков. Простейшие анаэробные сооружения — септики, являющиеся механическим отстойником для задержания и сбраживания взвешенных веществ, с последующей доочисткой стоков в почве отлично работают уже на протяжении сотен лет. Не случайно септики и подземные поля фильтрации достаточно широко распространены в Европе и Америке. Нормативная документация, действующая в настоящее время в России, никаких запретов на использование септиков и почвенной фильтрации не содержит. Естественно, данный способ утилизации стоков не лишен недостатков и имеет свою область применения. Но она значительно шире, чем мы наблюдаем в настоящее время в России.

## БЕГУЩЕЙ СТРОКОЙ

### БАЙКАЛЬСКИЙ ЦБК КОНСЕРВИРУЕТ ПРОИЗВОДСТВО

Вопрос работы Байкальского ЦБК- проблема не только экологическая, но и социальная.

Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат (ЦБК), принадлежащий Олегу Дерипаске, начинает увольнение всех своих сотрудников и консервацию производства.

В сообщении управляющей компании «Континенталь менеджмент» сказано, что так как в сентябре этого года комбинат начал работать в условиях замкнутого водооборота, «это сделало невозможным выпуск рентабельной белой вискозной целлюлозы и привело предприятие к финансовому кризису». В связи с этим в ближайшее время 1377 сотрудников предприятия будут уволены, а производство не возобновится до 10 февраля 2009 года.

В начале октября завод приостановил работу на месяц, предупредив, что, если до 10 ноября ЦБК не разрешат «разомкнуть водооборот» — другими словами, снова выпускать белую целлюлозу и сбрасывать промышленные стоки в Байкал — начнется консервация производства. «Это [белая целлюлоза] единственный вид продукции, который спасет комбинат, а технического решения, позволяющего выпускать белую целлюлозу без осуществления сбросов, сейчас не существует», — считают на предприятии.

Глава регионального управления Росприроднадзора Александр Поляков охарактеризовал заявления о необходимости возобновления сбросов в Байкал как шантаж. В свою очередь, временно исполняющий обязанности губернатора Иркутской области Игорь Есиповский назвал решение о сокращении персонала «недопустимым», а действия руководства и собственников предприятия — «волонтаристскими и несогласованными».

Экологи и Росприроднадзор много лет добиваются закрытия комбината из-за того, что предприятие сбрасывает отходы в Байкал. Федеральная служба оценивает ущерб, который Байкальский ЦБК нанес экологии глубочайшего пресного озера в мире, в 419 млн рублей.

Однако проблема также носит социальный характер. Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат является главным работодателем города Байкальска, где живет около 15 тысяч человек. Кроме того, его очистные сооружения обслуживают канализацию города.

Чтобы остановить загрязнение воды, летом прошлого года на комбинате предполагалось запустить систему замкнутого водооборота и новые канализационные очистные сооружения для города Байкальска. Однако этот проект до

#### **БАЙКАЛЬСКИЙ ЦБК**

*Построен в 1966 году в городе Байкальске*

*К очистным сооружениям БЦБК подведена канализация Байкальска*

*В 2001 году власти обязали комбинат перейти на замкнутый цикл водооборота*

*С 2003 года принадлежит лесопромышленному холдингу «Континенталь Менеджмент» Олега Дерипаски*

## ПРАВОВАЯ ПОДДЕРЖКА

*Московская коллегия адвокатов «Князев и партнеры» создана с целью комплексного правового обеспечения деятельности компаний в современных условиях российского рынка.*

*Успешное развитие и функционирование бизнеса невозможно без надежной правовой поддержки, которая является таким же конкурентным преимуществом, как и передовые технологии, наличие сильного бренда и команды профессиональных управленцев.*



Недостаточное внимание к юридической стороне ведения бизнеса может повлечь за собой целый ряд негативных последствий, таких как конфликт собственников, нарушение интеллектуальной собственности, проблемы с персоналом, контролирующими органами и, как следствие, финансовый потери, вплоть до утраты бизнеса и даже уголовное преследование.

Грамотная юридическая поддержка поможет создать надежный щит, позволяющий минимизировать финансовые потери, снизить риски конфликтов с контролирующими органами и сохранить бизнес.

Сотрудничество с нашей Коллегией — это эффективные инвестиции в успешное развитие Вашей компании.

**Контактные телефоны:** моб. 364-54-14, (495) 699-34-03 (89-66), 765-87-67,

**Офис МКА «Князев и партнеры» расположен:** 127006, г. Москва, ул. алая Дмитровка, д.16/6  
[www.kniazev.ru](http://www.kniazev.ru) [www.dpdiz.ru](http://www.dpdiz.ru)

С уважением,

Партнер  
адвокат В. Юрасов  
[yurasov@kniazhev.ru](mailto:yurasov@kniazhev.ru)  
[yurasov75@mail.ru](mailto:yurasov75@mail.ru)