

УДК 628.1.147

С.С.ДУШКИН, д-р техн. наук, Г.И.БЛАГОДАРНАЯ, канд. техн. наук  
*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

### **ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД**

Показана актуальность проблемы охраны окружающей среды, рационального использования природных ресурсов путем применения ресурсосберегающих технологий подготовки питьевых и очистки сточных вод. Предложены эффективные способы интенсификации процессов очистки.

Показана актуальність проблеми охорони навколишнього середовища, раціонального використання природних ресурсів шляхом застосування ресурсозберігаючих технологій підготовки питних і очищення стічних вод. Запропоновано ефективні способи інтенсифікації процесів очищення.

In article the urgency of preservation problem of the environment, rational use of natural resources, as a result of application savings resources technology's for drinking water treatment and sewage treatment is shown. Effective ways of an intensification processes of clearing are offered.

*Ключевые слова:* ресурсосберегающая технология, активированный раствор коагулянта, мембранный биореактор, BIOTAL.

Для решения актуальной проблемы охраны окружающей среды в условиях современной научно-технической революции большое значение приобретают вопросы наиболее рационального использования природных ресурсов, снижение количества механических и растворенных загрязнений, сбрасываемых в природные водоемы вместе с промышленными сточными водами. Одним из способов решения данных вопросов является создание замкнутых систем водоснабжения, при которых полностью исключается сброс сточных вод в водоемы, а потребление свежей воды из источников предусматривается только для пополнения безвозвратных потерь.

В настоящее время много внимания уделяется вопросам интенсификации процесса очистки природных и сточных вод, усовершенствованию его технологии и разработке новых эффективных методов, что позволит упростить существующую технологию обработки воды, сократить трудоемкие процессы приготовления и дозирования реагентов, уменьшить затраты на эксплуатацию очистных сооружений, увеличить их производительность, повысить качество и уменьшить себестоимость очищенной воды [1, 2].

Известно много методов и способов, применяемых для улучшения и интенсификации физико-химических условий процессов водообработки. Среди них наиболее распространены методы, связанные с использованием рациональных технологически обоснованных схем, модернизацией существующих и разработкой новых конструкций ионообменных аппаратов, внедрение которых в практику водоподготовки не всегда возможно по техническим и экономическим причинам (приготовление и дозирование химических реагентов требует специального оборудования, необходимы дополнительные площади и обслуживающий персонал).

В последнее время все большее распространение для решения этой проблемы приобретают ресурсосберегающие технологии, которые предусматривают для интенсификации процессов очистки природных сточных вод следующие основные методы:

- реагентные;
- технологические;
- физические;
- улучшение гидравлических и конструктивных условий процесса коагуляции.

Реагентные методы предполагают использование реагентов, интенсифицирующих процесс очистки природных и сточных вод:

- оксихлорид алюминия позволяет снизить дозы хлорирующего и подщелачивающего реагентов не менее чем в 2 раза и уменьшить расход реагентов;
- флокулянт «MAGNAFLOK» ф. Аллайд Коллоидс», прошедший производственное испытание на очистных сооружениях КП ПТП «Вода» (г.Харьков), позволяет снизить дозы коагулянта до 50%, а также повысить эффективность очистки по следующим качественным показателям: мутность, цветность, содержание хлорорганических соединений в среднем до 40% [3, 4].

К технологическим методам, позволяющим интенсифицировать процесс очистки воды на очистных сооружениях можно отнести следующие методы:

- регулирование величины рН воды – подщелачивание;
- применение минеральных замутнителей – бентонита;
- перемешивание воды с реагентами, и как следствие, возможность экономии коагулянта до 20%;
- фракционированное коагулирование (добавление коагулянта несколькими порциями) – снижение расхода коагулянта до 15%, повышение качества очистки воды;

- концентрированное коагулирование (добавление коагулянта в одну часть воды, затем перемешивание с остальным объемом воды);
- прерывистое коагулирование (чередование подачи коагулянта с прекращением подачи раствора коагулянта до 1 ч);
- рециркуляция осадка коагулированной взвеси (возврат части осадка в зону ввода коагулянта) – снижение расхода коагулянта до 30%, целесообразность применения которых обосновывается лабораторно-производственными испытаниями.

К физическим методам водоподготовки относятся:

- наложение электрического поля, что позволяет достичь экономии коагулянта до 20%;
- наложение магнитного поля – способствует уменьшению расхода коагулянта, но имеет нестабильный эффект;
- ультразвук способствует повышению качества очистки воды (на стадии эксперимента).

Одним из прогрессивных приемов в области водоподготовки является использование активированных растворов реагентов, технология и устройства для реализации которых защищены 17 авторскими свидетельствами и патентами на изобретения и полезные модели, широко освещены в монографиях и научных публикациях [4, 5].

Установлено, что использование активированного раствора коагулянта сульфата алюминия позволяет:

- снизить расход коагулянта в среднем на 25-30%;
- повысить производительность очистных сооружений водопровода в среднем на 19,5-22,0%;
- снизить содержание хлорорганических примесей не менее, чем на 20-25%.

В таблице приведены показатели эффективности работы скорых фильтров при применении активированного раствора коагулянта, которые показывают как возможность снижения доз флокулянтов, так и улучшение качества фильтрата в среднем на 40-60%. Для интенсификации работы скорых фильтров рекомендуется также использование дренажно-распределительной системы скорых фильтров НПФ «Эконтон» и НПФ «Экополимер», что позволяет:

- уменьшить расход промывной воды;
- снизить затраты на ремонт и реконструкцию фильтров;
- интенсифицировать процесс водовоздушной промывки;
- исключить вынос фильтрующей загрузки с очищенной водой.

Использование биопоглопителей при очистке природных вод позволит снизить содержание канцерогенов, повысить качество питьевой

воды [7].

Улучшение показателей работы скорых фильтров пилотной установки при применении активированного раствора флокулянта ПАА [6]

№ п/п	Наименование показателей	Улучшение показателей, %		Примечание
		зимний период	весенний паводок	
1	Параметры активации: - напряженность магнитного поля, кА/м; - содержание анодно-растворенного железа в растворе флокулянта, мг/дм <sup>3</sup>	80-105  250-400	80-105  250-400	- -
2	Снижение дозы флокулянта – полиакриламида (считая по товарному продукту)	17,5-25	20-25	-
3	Качество фильтрата: - мутность фильтрата - цветность фильтрата - содержания алюминия в фильтрате	47,1 16,0 67,6	43,9 24,2 65,1	Средние значения
4	Технологические параметры фильтрования: - скорость фильтрования - продолжительность фильтроцикла - грязеемкость фильтрующей загрузки	25,0 30,0 22,3	25,0 30,0 27,5	Средние значения
5	Повышение производительности скорых фильтров	25	25	Средние значения

Область применения биопоглоотителей следующая:

- при содержании взвеси до 60 мг/дм<sup>3</sup> и цветности до 120 град. – одноступенчатая схема очистки (биопоглоотители – песчаный фильтр);
- при содержании взвеси до 90 мг/дм<sup>3</sup> и цветности до 70 град. – двухступенчатая схема очистки (пенополистирольный фильтр – биопоглоотители – песчаный фильтр).

Для подготовки питьевой воды и очистки сточных вод поселков, сел, кемпингов, гостиниц, домов индивидуальной застройки, небольших предприятий, а также улучшения экологического состояния прудов и малых рек используется биоплато, представляющее собой комбинацию высшей водной растительности (тростник, камыш, рогоз), водной микрофлоры и грунтово-песчаных фильтров, обеспечивающее использование природных механизмов очистки воды.

Эффективность работы биоплато может быть подтверждена следующими опытными данными:

- снижение содержания взвешенных веществ – в среднем 95,2%;
- снижение бактериального загрязнения – 99,9%.

К числу прогрессивных технологий в области очистки сточных вод можно отнести следующие:

- технология очистки сточных вод с использованием биореакторов;
- технология очистки дренажных сточных вод полигонов ТБО;
- энергосберегающая технология очистки сточных вод – установки «BIOTAL»;
- технология доочистки бытовых сточных вод от соединения фосфора.

В сооружениях типа мембранный биореактор используются процессы ультра- и микрофльтрации, которые относятся к общей группе баромембранных процессов. Для разделения смеси в баромембранных процессах используется градиент давления. Кроме ультрафльтрации (УФ) и микрофльтрации (МФ) к баромембранным процессам относятся нанофльтрация (НФ) и обратный осмос (ОО). Граница между процессами микрофльтрации, ультрафльтрации, нанофльтрации и обратного осмоса достаточно условна.

Технология мембранного биореактора (МБР) позволяет объединить в себе методы биологической очистки и мембранную сепарацию. Для биологической очистки в МБР используется аэротенк, объединенный с мембранным модулем.

Вследствие того, что размер пор ультра- и микрофльтрационных мембран в несколько раз меньше размеров клеток бактерий, простейших и других организмов активного ила, исключен вынос ила с профильтрованной водой, в отличие от вторичного отстаивания, где вынос активного ила с осветленной водой является основной проблемой эксплуатации.

Технология МБР получила распространение в последние 10 лет. Первоначально мембранные биореакторы разрабатывались для очистки сточных вод, содержащих большие количества трудноокисляемой органики. Однако с тех пор сфера применения данной технологии значительно расширилась.

Указанные выше особенности технологии делают МБР эффективным сооружением в условиях небольших доступных площадей и высоких требований к качеству очистки при сбросе сточных вод в городскую канализацию или водный объект.

Исследования, выполненные НПФ «Экотон» и ХНАГХ, позволяют отметить следующие преимущества мембранных биореакторов:

- очистка сточных вод до нормативов, требуемых при сбросе в объекты рыбохозяйственного значения;
- малая площадь сооружений;
- минимальный размер санитарно-защитной зоны;
- минимальное количество образуемых осадков;

- удаленный контроль работы установки через Интернет или сотовую связь;
- двухступенчатая система обеззараживания;
- повторное использование очищенных сточных вод для технических нужд.

Эффективность очистки городских сточных вод с помощью мембранных биореакторов приведена ниже:

- БПК<sub>полн.</sub> – менее 3 мг/л;
- азот аммонийный – менее 0,35 мг/л;
- взвешенные вещества – менее 2 мг/л;
- эффективность удаления фосфора – более 90-95%;
- эффективность удаления азота – более 70-80%;
- эффективность удаления бактерий – 99,99%;
- эффективность удаления вирусов – 99%.

Технология МБР и аппараты для ее реализации защищены 5 патентами Украины. Внедрение мембранных биореакторов выполнено на ряде очистных сооружений хозяйственно-бытовой канализации городов России и Украины.

При разработке технологий очистки высококонцентрированных сточных вод полигонов ТБО необходимо учитывать различные сопутствующие факторы, а именно:

- этап жизненного цикла полигона;
- климатический фактор;
- мощность полигона;
- требования к качественным показателям очищенного фильтрата.

Следовательно, предлагаемая технология должна быть достаточно гибкой, учитывающей колебания качественного состава, должна обеспечить полную деструкцию вредных веществ или переводение их в безвредные вещества, свести до минимума или вообще исключить эффект суммации, что позволит минимизировать негативное влияние на окружающую среду [8].

Одним из способов интенсификации процессов очистки сточных вод полигонов ТБО является использование активированного раствора коагулянта на первой стадии очистки (предочистка).

Исследования выполнялись на лабораторной установке с использованием обычного и активированного раствора коагулянта сульфата алюминия. На первом этапе эксперимента в смеситель добавляли обычный раствор сульфата алюминия, на втором этапе – активированный раствор сульфата алюминия.

Для активации растворов реагентов используется специальное

устройство, предусматривающее одновременную активацию раствора магнитным полем и насыщение его анодно-растворенным железом, разработанное в ХНАГХ и защищенное авторским свидетельством.

Осаждение коагулированных примесей осуществляется в первичном отстойнике. Далее предусматривается биологическая очистка на биодисках с прикрепленной микрофлорой.

Непрерывно вращающаяся дисковая загрузка периодически входит в контакт с воздухом и загрязненной органическими веществами сточной водой. В результате поверхность дисков покрывается биопленкой, которая образуется колониями аэробных микроорганизмов. Контактная с дисковой загрузкой, загрязненная вода оставляет на ней нерастворенные примеси, не осевшие в первичных отстойниках, а также коллоидные и растворенные органические вещества. Микроорганизмы, образующие биопленку, окисляют органические вещества, используя их как источник питания и энергии. Таким образом, из сточной воды удаляются органические вещества, и в то же время увеличивается масса активной биопленки в ваннах биофильтра. Омертвевшая и отработанная биопленка выносится из погружного биофильтра вместе с очищенной от органических загрязнений водой.

Предочистка фильтра с помощью добавления активированного раствора коагулянта, позволяет увеличить гидравлическую крупность коагулированной взвеси, тем самым, интенсифицируя процессы осветления воды. Коагулирование примесей активированным раствором сульфата алюминия позволяет значительно уменьшить содержание мелкой взвеси и улучшить седиментационные свойства в целом.

Качественные показатели сточных вод полигонов ТБО по сравнению с использованием обычного раствора коагулянта улучшились в среднем на 30-40%, увеличилась скорость осаждения скоагулированных примесей в первичном отстойнике. Кроме того, полученные результаты позволяют снизить расход коагулянта, что повлечет снижение себестоимости очистки на 20-25% [9].

Для очистки бытовых сточных вод для малых объектов эффективно применяется энергосберегающая технология очистки сточных вод – BIOTAL, которая обеспечивает высокую степень очистки (до 98%) [10,11].

При малом поступлении или отсутствии сточных вод установка BIOTAL автоматически переходит в первый (через 24 ч) и в третий (через 168 ч) экономичные режимы, при этом экономится до 70% электроэнергии, существенно продлевается срок работы электрооборудования, и система не нарушает свою работу при длительном отсутствии поступления сточных вод.

Помимо экономических режимов установка BIOTAL автоматически переходит в форсированный режим работы при залповом поступлении сточных вод, при этом выдерживая залповый сброс до 25% точного расхода.

Установка BIOTAL может быть размещена в непосредственной близости к дому, так как в процессе работы не происходит выделения «характерных» для канализации запахов. Зона санитарной защиты составляет 5 м, что позволяет размещать установку на плотно застроенной территории.

В результате очистки сточных вод образуются техническая вода и осадок в форме стабилизированного избыточного активного ила, пригодные и рекомендованные Институтом гигиены и медицинской экологии имени А.М.Марзеева Академии медицинских наук Украины (№21/4191 от 05.11.2005 г.) для орошения и использования в качестве органоминерального удобрения.

В настоящее время изготовлено и успешно работают более 4000 установок BIOTAL в Чехии, Украине, России, Белоруссии, Молдавии, Болгарии, Грузии, Афганистане и Австралии.

Для доочистки бытовых сточных вод от соединений фосфора могут применяться реагентный, биологический и комбинированный методы очистки.

Несмотря на высокий эффект очистки и возможность применения в качестве реагентов отходов производства, применение реагентных методов усложняет технологию очистки сточных вод и увеличивает её себестоимость.

При биологической очистке требуются многочисленные рециклы, большое количество сооружений (или их большого объёма) и даже при таких условиях зачастую невозможно достичь высокой степени очистки. Поэтому актуальной является разработка новых методов дефосфатизации сточных вод, к числу которых относится метод, разработанный ХНАГХ и КП КХ «Харьвовкоммуночиствод». Этот метод защищен патентом Украины [12] со следующей формулой полезной модели: «Спосіб доочистки стічних вод від сполук фосфору шляхом контактної коагуляції біологічно очищених стічних вод, який відрізняється тим, що доочистка проводиться шляхом додавання перед контактним освітлювачем активованого магнітним полем та електрокоагуляцією розчину коагулянту сульфату алюмінію».

Данный метод позволит улучшить качественные показатели по содержанию фосфатов в среднем на 20% без снижения качества очистки сточных вод.

Проведенные исследования показали, что доочистка сточных вод



по данной технологической схеме позволяет снизить содержание фосфатов в очищенной сточной воде до 0,85 мг/дм<sup>3</sup>.

Таким образом, использование прогрессивных технологий в области очистки природных и сточных вод позволит интенсифицировать процессы очистки, уменьшить затраты на эксплуатацию очистных сооружений, что в конечном счете создает предпосылки для снижения тарифов на услуги водоснабжения и водоотведения.

1. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання. – К.: Знання, 2009. – 735 с.
2. Душкин С.С. Ресурсосберегающие технологии очистки природных и сточных вод // Вісник Рівнен. нац. ун-ту водного господарства та природокористування: Зб. наук. праць. Вип. 4 (40). Ч.2. – Рівне: НУВГП, 2007. – С.435-441.
3. Благодарная Г.И. Улучшение работы фильтров очистных сооружений городского водопровода // Экология Донбасса. Водные ресурсы: Сб. науч. тр. – Донецк, 2003. – С.119-125.
4. Душкин С.С., Тихонюк-Сидорчук В.О., Булгакова О.В. Ресурсосберегающие технологии в процессах водоподготовки // Науковий вісник будівництва: Зб. наук. праць. Вип.33. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2005. – С.166-170.
5. Душкин С.С., Благодарная Г.И., Тихонюк В.О., Володченко О.В. Теоретические основы активирования растворов реагентов // Тезисы докл. XXXI науч.-техн. конф. преподавателей, аспирантов и сотрудников ХГАГХ, посвященной 80-летию. – Харків, 2002. – С.57-59.
6. Душкин С.С., Благодарная Г.И. Опытные-промышленные испытания активированных растворов флокулянтов // Сб. докладов Международного конгресса ЭТЭВК. – 2003. – С.84-88.
7. Душкин С.С. Повышение качества питьевой воды за счет внедрения ресурсосберегающих технологий // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вип.74. – К.: Техніка, 2007. – С.3-7
8. Солодовник М.В. Граничные условия применения методов очистки дренажных вод полигонов твердых бытовых отходов // III міжнар. наук.-техн. конф. «Актуальні проблеми водного господарства та природокористування». – Рівне: НУВГП, 2009. – С.48-49.
9. Патент України на корисну модель № 45190. Спосіб очищення стічних вод полігонів твердих побутових відходів / Державний департамент інтелектуальної власності МОН України// Душкін С.С., Корінько І.В., Солодовник М.В., Ткачов В.О., Душкін С.С. Бюл. №20, 26.10.2009 р.
10. Тетеря А.И. Особенности технологического процесса очистки сточных вод в установках «БИOTAL» // Вісник РДТУ. Гідромеліорація і гідротехнічне будівництво. – Рівне, 1999. – С.197-301.
11. Тетеря А.И. BIOTAL – энергосберегающая технология глубокой биологической очистки малых количеств сточных вод // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вип.30. – К.: Техніка, 2001. – С.60-66.
12. Патент України на корисну модель №45046. Спосіб очистки стічних вод від сполук фосфору / Державний департамент інтелектуальної власності МОН України // Душкін С.С., Коваленко О.М., Шевченко Т.О., Благодарна Г.І., Ярошенко Ю.В., Линник Г.О. Бюл. № 20, 26.10.2009 р.

*Получено 15.01.2010*