

зультате повышения окислительной способности аэротенков возможно сокращение их объёма до 30%.

Применение механических аэраторов позволяет отказаться от строительства воздухоудной станции и воздуховодов, а применение пневмомеханических аэраторов обеспечивает снижение расхода воздуха и уменьшение диаметров воздуховодов, что сокращает капитальные затраты на электроэнергию.

Оптимальным типом сооружения биологической очистки является аэротенк-вытеснитель. Целесообразно устройство многокамерного аэротенка. Это коридорный аэротенк, разделённый с помощью перегородок с отверстиями на ряд камер, через которые вода проходит последовательно. Перегородки препятствуют обратному току воды, что приближает структуру потоков жидкости в сооружении к идеальному вытеснению. В многокамерном аэротенке показатели качества воды изменяются от камеры к камере, величина БПК₂₀ для бытовых сточных вод достигает значений 8-15 мг/л уже во второй камере и снижается далее ещё на 1-2 мг/л.

Аэротенки-отстойники с принудительной циркуляцией активного ила представляют собой комбинированные сооружения, совмещающие отстойную и аэрационную зоны. Зоны отделены одна от другой наклонной перегородкой, не достигающей до дна аэротенка. В отстойной зоне происходит интенсивное осветление сточной жидкости во взвешенном слое активного ила. Здесь размещаются иловые бункеры, верхний урез которых поддерживает уровень взвешенного слоя ила. Активный ил из бункера постоянно перекачивается аэрлифтами в зону аэрации. Окситенк представляет собой биоокислитель с использованием технического кислорода, работающий на высоких дозах активного ила. По сравнению с обычными аэротенками продолжительность процесса очистки в окситенках сокращается в 5-7 раз, в 1,2-2 раза снижается прирост избыточного ила, улучшаются седиментационные свойства активного ила, избыточный ил быстрее уплотняется и эффективнее обезвоживается. При получении кислорода от кислородных станций предприятий азотной, коксохимической, нефтехимической промышленности применение окситенков рентабельно для очистных сооружений любой производительности [2].

В аэротенки с неравномерно рассредоточенной подачей сточных вод активный ил вводится в начале аэротенка, а сточная вода поступает через водосливы боковых распределительных лотков. Затворы водосливов (расстояние между затворами соответствует ширине коридора аэротенка) автоматически регулируются в зависимости от концентрации активного ила и содержания в воде растворённого кислорода.

УДК 628.162

Магрел Л., Брылка Е., Житенёв Б.Н.

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ ВОД, А ТАКЖЕ СТОИМОСТЬ ИХ ОЧИСТКИ

Введение

Технология очистки воды включает физические, химические, биологические, биофизические, физико-химические и биохимические явления, реакции и процессы. Технологические схемы, работающие на основе вышеперечисленных процессов и реакций, должны изменять состав воды путем удаления из нее смесей, являющихся причиной ее загрязнения.

Эффективная очистка воды связана с затратами инвестиции и эксплуатацию станций водоподготовки. Очистка воды от вредных или нежелательных примесей является основой, приводящей к получению чистой и пригодной к употребле-

Такая система подачи сточной воды приводит к разделению объёма аэротенка по длине на несколько зон полного смешения с определённой концентрацией активного ила в каждой зоне, что позволяет поддерживать постоянную скорость окисления и создаёт стабильный технологический режим.

Выбор наиболее эффективной схемы очистки стоков или отдельного очистного сооружения для конкретного состава сточных вод весьма затруднителен. Это объясняется разнообразием технологических схем биохимической очистки стоков, нагрузками на активный ил, наличием или отсутствием регенерации активного ила, способом подачи воздуха, его количеством и др.

Выбор типа очистного сооружения зависит от концентрации загрязнений сточных вод по БПК₂₀, концентрации взвешенных веществ в сточных водах, объёмов сточных вод, технико-экономических показателей.

Основным направлением исследований в области совместной очистки бытовых и промышленных сточных вод является интенсификация технологического процесса. В конечном итоге это должно привести к уменьшению размеров очистных сооружений, сокращению продолжительности процесса очистки, автоматизации и механизации трудоёмких процессов, экономии энергетических затрат, созданию более экономичных очистных сооружений с точки зрения строительных и эксплуатационных затрат.

Заключение

Повышение эффективности работы городских очистных сооружений может быть достигнуто:

- 1) путем интенсификации работы сооружений механической очистки за счет использования преаэрации, биокоагуляции и усовершенствования конструкций сооружений.
- 2) путем интенсификации работы сооружений биохимической очистки за счет использования высокой окислительной способности активного ила, применения механических аэраторов, использования новых высокоэффективных конструкций аэротенков и применение технического кислорода.
- 3) путем интенсификации работы сооружений обработки осадков за счет использования нового оборудования и новых реагентов для улучшения свойств влагоотдачи.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила приема производственных сточных вод в системы канализации населенных пунктов. – М., 1988.
2. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика под ред. В.Н. Самохина. Изд. 2-е. – М.: Стройиздат, 1987.

Статья поступила в редакцию 08.05.2007

нию воды. Достижения науки и техники в области технологий очистки воды благодаря найденным финансовым инвестициям существенно влияют на жизнедеятельность городов, а также на санитарно-гигиенический уровень жизни людей и повышения уровня здоровья общества [1].

Снабжение города Белостока питьевой водой

Белосток обеспечивается питьевой водой из двух источников: из артезианских скважин в Юровцах и из сооружений забора поверхностных и инфильтрационных вод в Василькове.

Таблица 1. Среднегодовое водопотребление

№	Количество воды	Ед. изм.	Васильков (вода инфильтрационная)	Петраше (воды поверхностные)
1.	Вода, поступающая из водозабора	м ³	5311026	8030704
2.	Вода, поступающая в сети	м ³	5056971	7452013
3.	Использование воды на внутренние потребности	м ³	254055	578691
4.		%	4,78	7,21
5.	Суточное минимальное водопотребление	м ³ /сутки	27072	
6.	Среднесуточное водопотребление	м ³ /сутки	34189	
7.	Суточное максимальное водопотребление	м ³ /сутки	40576	

Информация взята из эксплуатационных данных

Оба источника находятся в долине реки Супрасл: водозабор в Юровцах располагается по обеим сторонам дороги Белосток – Августов, водозабор в Василькове – по восточной стороне дороги Белосток – Кужница-Белостоцкая. [2]

Общая производительность двух городских водозаборов составляет 114240 м³/сутки: в Юровцах – 42240 м³/сутки, а в Василькове – 72000 м³/сутки [2]. Суммарное количество воды, поступающей из водозаборов выше водопотребления города. Учитывая ограниченные запасы подземных вод, возможное увеличение потребления воды городом может быть обеспечено только из поверхностного водозабора реки Супрасл.

Сравнение стоимости очистки инфильтрационных и поверхностных вод

Процесс улучшения качества воды связан с таким технологическим циклом, который позволяет получить воду, пригодную непосредственно для питья. Он характеризуется наивысшей эффективностью при минимальной стоимости и должен быть простым и безопасным в обслуживании.

На стоимость водоподготовки влияют разные факторы. Технологический процесс очистки на очистных сооружениях в Петраше связан с их биологической очисткой. Речная вода содержит огромное количество органических соединений гумусового происхождения, что создаёт трудности при её очистке. Это является причиной сезонного различия в качестве забираемой воды. Трудности подготовки питьевых вод связаны с периодическими наводнениями при обильных дождях. В этих ситуациях качество воды сильно ухудшается, количество загрязнений может увеличиваться ежедневно. В этом случае технология водоподготовки должна предусматривать возможность быстрого изменения качества воды и не снижать общей эффективности процесса очистки.

Главными характеристиками поверхностных вод на водозаборе в Василькове, для которых при очистке применяются озон, соли сернокислого алюминия, окись кремния и активный хлор, являются мутность, цветность, реакция pH, содержание железа и окисляемость. Количество применяемого озона обычно пропорционально количеству поступающей в озонатор воды на очистные сооружения в Петраше. Количество озона устанавливается на основе физико-химических параметров воды. Процесс озонирования является процессом полностью автоматизированным и поддаётся регулированию и контролю. Автоматика позволяет также обеспечивать точное дозирование озона независимо от количества поступающей воды. Если, например, доза озона установлена как 3 г/м³, то всегда 1 кубометр воды получает 3 грамма озона. Важно также отметить, что в расчётных дозах окислителя отсутствуют излишки озона. Сплошная автоматизация процесса очистки воды позволяет осуществлять точное определение дозы озона и практически гарантировать высокую эффективность удаления загрязнений в поверхностных водах.

Процесс коагуляции водных примесей на очистных сооружениях в Петраше связан с внесением в поступающую воду коагулянта – сернокислого алюминия $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, который осаждает загрязнения в виде крупных агрегатов,

связанных гидратами окиси алюминия. С целью облегчения агломерации загрязнений используется также активная окись кремния, которая ускоряет процесс осаждения.

Дозы этих реагентов определяются на основе показателей качества воды и должны обеспечивать необходимое качество очистки, что нередко связано с увеличением стоимости водоподготовки.

Скорые фильтры, применяемые для очистки воды, предварительно обработанной физико-химическими методами, могут также использоваться для очистки воды с небольшим уровнем загрязнений. Именно такая вода поступает на очистные сооружения в Петраше. При необходимости увеличения пропускной способности станции и при очень сильном ухудшении качественных параметров воды, в начале технологического процесса применяются дополнительные устройства, позволяющие ускорить процесс очистки воды путём коагуляции осадка непосредственно над поверхностью скорого фильтра. Причиной ухудшения качества воды могут быть весенние разливы воды и поступление ее с залитых пастбищ и лесов. В этом случае оказывается необходимой усиленная химическая обработка. При этом чаще всего применяются соли сернокислого алюминия и окись кремния. Такая работа фильтров не является постоянной и редко используется. Это приводит к необходимости частой промывки фильтров, что увеличивает стоимость очистки воды. Дозы хлора устанавливаются в зависимости от качества поверхностных вод, поступающих на станцию очистки, а также от всего технологического процесса. Контроль качества поступающей воды влияет на изменение доз реагентов и на экономию средств.

Технология очистки инфильтрационных вод начинается с процесса озонирования. Величина доз окислителя должна соответствовать количеству воды, подаваемой на очистку, и её качеству. Хорошо проведённое предварительное кислородное окисление воды не должно оставлять в ней остатков окислителя, и при соблюдении последующих технологических правил может иметь место экономия средств. Окончательная дезинфекция инфильтрационной воды опирается на применение двуокиси хлора, является безопасной и эффективной даже при малой дозе дезинфектанта. Доза 0,4 мг ClO_2 на 1 л обеспечивает работу сети в течение 72 часов. Это экономически выгодно. В контактных фильтрах вода фильтруется, начиная от самых крупных фракций до самых мелких. Направление движения воды тут является противоположным по отношению к скорым фильтрам. Благодаря такому движению воды лучше используются средства очистки. Подводя итоги применения описанной выше технологии, можно заключить, что наибольшее влияние на конечное качество воды оказывают все процессы, связанные с дозировкой реагентов. Сравнивая стоимость очистки инфильтрационной и поверхностной воды, можно свидетельствовать, что поверхностная вода имеет большее количество загрязнений и требует более сложной технологии её очистки, связано это с необходимостью использования нескольких реагентов. Это же влияет и на увеличение общей стоимости очистки поверхностной воды по сравнению с инфильтрационной.

Виды оплат

В соответствии с действующей классификацией в РП выделено 5 видов оплаты за воду на предприятиях водопроводно-канализационных хозяйств:

- плата с начислением пени;
- плата за амортизацию оборудования;
- плата за материалы;
- плата за использованную энергию;
- другие виды оплаты.

Такая структура оплат хорошо характеризует специфику стоимостей водопроводно-канализационных услуг. С точки зрения необходимости значительных капитальных вложений в водопроводно-канализационные сети в системе оплат должны преобладать оплаты за амортизацию оборудования. Такая ситуация характерна для очистной станции в Петрашах.

В фонд оплаты труда предприятия входят социальный фонд и фонд вознаграждения. Формирование фонда оплаты труда зависит от количества работающих, а также от уровня их зарплаты. Средний уровень оплаты труда зависит от объёма продажи. Основным фактором, влияющим на уменьшение затрат на предприятии и повышение оплаты труда работающих, является степень амортизации основных производственных фондов. Можно также уменьшить затраты на оплату труда, увеличивая долю участия и услуги других фирм. Способом сдерживания темпов роста зарплаты является постепенное и неуклонное наращивание степени автоматизации технологических процессов. Увеличение стоимости оплаты за амортизацию устанавливается на основе обязующих источников и порядка начисления. На удельную стоимость работ влияет степень использования производственных резервов, материальное обеспечение, а также степень декапитализации основных фондов.

На водопроводно-канализационных предприятиях обычно эксплуатируются установки разной изношенности. Новые станции очистки воды имеют потенциальные резервы очистки большего объёма воды. Строительство новых объектов выполняется именно с таким заложением – запасом больших производственных возможностей и лучшим материальным обеспечением. Средствами на амортизацию должны оплачиваться работы, связанные с заменой водопроводных сетей и оборудования, изношенного технически и экономически.

Стоимость использованной энергии зависит от:

- технологических условий, например от дальности доставки воды;
- исправности насосного оборудования;
- качества обслуживания насосного хозяйства, точности работ, экономии энергии.

На основе этих показателей можно устанавливать причины различий в стоимостях отдельных работ, а также внедрять необходимые технические мероприятия для снижения стоимостей работ вместе с затратами на их модернизацию. В этом смысле важно правильно подбирать насосы, следить за их работой на всех технологических участках, следить за энергетическими компенсаторами и их правильной эксплуатацией, что может привести к общему снижению стоимости работ.

На высокую стоимость материалов влияет, прежде всего, качество воды в водозаборе, а также технология её очистки. Очистка поверхностных вод обычно дороже, чем такая же очистка подземной воды, поскольку требует использования дорогих коагулянтов. Общая стоимость обслуживания технологического оборудования зависит от того, какой объём услуг обслуживающая фирма выполняет самостоятельно или пользуется подрядчиками. В соответствии с польским законом о труде предприятия водопроводно-канализационных трестов должны выполнять все необходимые мероприятия, связанные с эксплуатацией водопроводных и канализационных сетей. В пределах этих обязанностей предприятие может доверить

подрядчику некоторые процессы, связанные с их эксплуатацией, оставляя себе право надзора. При этом подрядчик заключает для этих работ специальный договор. Ограничение оплат за материалы и внешние услуги является практически единственным способом снижения оплат за эксплуатацию водопроводно-канализационных сетей. Результатом этих экономий нередко является качество услуг. При этом могут сокращаться полнота выполняемых работ, дополнительный надзор за функционированием механизмов, периодичность ремонтов, промывка водопроводных сетей. Важно, что наибольшей составной частью стоимостей работ является оплата за охрану природы. Это всё накладывается на рост платы за пользование водой отдельным гражданам. Эта плата не связана с местными затратами, необходимыми на охрану вод. Оплаты и налоги за воду становятся практически главными составными частями коммунальных оплат, особенно там, где не учитывается амортизация.

Приводим причины, приводящие к повышению стоимостей работ, выполняемых предприятиями водопроводно-канализационного хозяйства [1]:

- высокий по сравнению со средними стоимостями в промышленности процент отчислений на амортизацию;
- высокая, достигающая почти 70 и больше процентов, доля стоимости основных фондов, независимых от уровня стоимости услуг, производственных возможностей предприятий и обеспечивающих устройств;
- различные местные стоимости работ, зависящие от природных условий, видов, пространственной структуры и функционирования осаждающих устройств;
- зависимость удельных стоимостей работ от уровня потребления, неравномерности распределения и структуры водопотребителей;
- значительный на конечной фазе прирост стоимости работ, на который влияют причины фискальные и налоговая система за природопользование.

Сравнивая вышеприведенную структуру стоимостей работ можно обнаружить некоторые зависимости. С учетом высокой капиталоемкости инвестиций в структуре стоимостей водопроводно-канализационных работ на очистной станции в Петраше преобладают отчисления, связанные с амортизацией. В случае очистной станции в Василькове стоимости амортизаций вдвое ниже, что свидетельствует о меньших средствах, вкладываемых на этой очистной станции.

Стоимости использования энергетических ресурсов на СОВ в Василькове остаются высокими по причине наличия больших насосных узлов (насосные станции уровней ЫП⁰, насосные агрегаты в подземных скважинах, насосы, промывающие фильтры), а также большой расход энергии, потребляемой аппаратами и контролирующими устройствами. На стоимость работ накладывается количество выполненных рабочих этапов, а также уровень заработной платы отдельных исполнителей. На уровень стоимости материалов на очистной станции в Петраше накладывается в первую очередь влияние качества воды на водозаборе, а также применяемая технология очистки. Очистка поверхностных вод обычно дороже по сравнению с очисткой подземной воды, поскольку используются дорогие коагулянты.

Из подобного сравнения следует, что суммарная стоимость работ, связанная с подготовкой и очисткой поверхностных вод, выше, чем стоимости подобных работ с подземными водами. Это связано с тем, что очистка подземной воды по сравнению с поверхностной технологически проще.

Выводы

- уровень вкладываемых средств и применяемые технологии при очистке питьевых вод в значительной степени зависят от состояния водной среды и способов её охраны;

- необходимо стремиться к увеличению количества отбираемой воды из источников инфильтрационных, поскольку такая вода обладает более высоким качеством, чем вода поверхностная;
- очистка поверхностных вод на очистной станции в Петраше связана с большими технологическими затратами, чем на очистной станции в Василькове;
- воды с поверхностных водозаборов требуют более высоких экономических затрат, вложений, связанных с качеством воды в реке Супрасл;
- увеличение денежных инвестиций, направленных на охрану природы и на чистоту водной поверхности реки может отразиться на качестве отбираемой воды и на снижении стоимости её очистки.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Созанский М. Водопроводы и канализация в Польше. Традиция и современность. Польский Фонд Охраны Водных Ресурсов. – Познань-Быдгощ, 2002.
2. Габрышевский Т. Водопроводы. – Варшава: Аркада, 1983.

Статья поступила в редакцию 02.05.2007

УДК 628.162

Брылка Е., Магрел Л., Пойта Л.Л., Волкова Г.А.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДА БЕСКИСЛОРОДНОЙ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ КОММУНАЛЬНЫХ, ПРОМЫШЛЕННЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ СТОЧНЫХ ВОД

Введение

Твёрдые осадки в составе промышленных, коммунальных и органических сточных вод (ОСВ) составляют 2-3%. Их переработка и нейтрализация вредных примесей являются главными составными частями всех видов утилизации: биологической (кислородной и бескислородной); химической; термической.

Процесс биологической (кислородной) утилизации стоков является достаточно эффективным, хотя и энергоёмким. Метановая ферментация ОСВ (без кислорода) используется чаще для утилизации стоков более высокой концентрации, чем при кислородной ферментации. За последние годы в этой первой технологии заметен значительный прогресс (Кемра, 1993). Однако появление новых технологий выделения ОСВ из сточных вод в сравнении с общими технологиями их утилизации опоздало ровно на 30 лет (Кемра, 1993).

В северо-восточной части Польши утилизацию ОСВ осуществляют только 5 станций очистки. На них перерабатываются коммунальные и хозяйственно-бытовые стоки. Анализ работы этих станций свидетельствует, что в этой части Польши в сточных водах находится в среднем 24000 тонны органического вещества и примесей. Естественно, что такой объём ОСВ должен быть возвращён в природно-хозяйственный оборот.

Процесс вторичного использования ОСВ связан с гарантией их санитарно-химической безопасности. Американское Агентство Охраны Природы (АОП) выделяет в этих процессах две группы:

- Процессы, позволяющие получать осадки высшего класса чистоты (класс А), которые могут быть использованы повторно в земледелии;
- процессы утилизации, позволяющие получать частично чистые осадки (класс В), которые могут быть использованы для внесения в почву, после их складирования и обогащения в специальных буртах. (Serafin, Tabarnacki 1992).

ОСВ разных технологических процессов имеют разные характеристики. Об их качестве свидетельствуют: химический состав, содержание органических составляющих и твёрдых примесей, степень растворения осадка в воде, реологические свойства, степень минерализации, фильтрация ОСВ и пригодность их для использования в качестве удобрений.

В соответствии с данными литературы (Віей 2002) главными параметрами ОСВ являются:

- степень водонасыщения осадка должна составлять более

99 % от его веса (осадок первичный, набухающий), а также менее 10 % – для осадка термической сушки.

- объёмный вес твёрдых фракций ОСВ должен составлять 1,05 – 2,5 кг/м³;
- содержание органической фракции, способной к биологическому разложению, должно составлять 75% сухой массы свежесосаждённого ОСВ, до 45-55 % сухой массы переработанных ОСВ.
- содержание веществ, находящихся в навозах, должно составлять: азота 2–7% от сухой массы; фосфора и калия – менее 2-7%; обычно в свежесосаждённых осадках содержание полезных веществ выше, чем в переработанных;
- содержание тяжёлых металлов – очень изменчиво;
- содержание опасных органических составляющих – очень низкое;
- содержание болезнетворных микробов – обычно больше в ОСВ свежесосаждённых; чем в переработанных ОСВ.

Точное определение всех свойств и характеристик ОСВ требует времени и средств. Важнейшим показателем качества ОСВ является их санитарное состояние. Важны также показатели объёмного веса, теплоты сжигания, ценности некоторых компонентов в качестве удобрений.

Изменчивость химического состава ОСВ во многом определяется технологией очистки. Станции очистки, как правило, не проводят постоянного мониторинга качества ОСВ. Между тем, в ОСВ необходимо определять: реакцию pH; степень влажности; содержание органических и минеральных составляющих; кислотность и щёлочность; содержание летучих жирных кислот; содержание некоторых тяжёлых металлов.

Физико-химический состав осадков, выделенных из коммунальных вод, зависит от вида и количества стоков, поступающих в канализацию, а также от методов их очистки.

Жидкий органический навоз (ЖОН) является смесью твёрдых и жидких фракций метаболитов животных, а также остатков пищи, соломы и технологических вод, остающихся после мытья животных, полов в фермах, автопоилок, боксов и навозных каналов. Пропорция всех фракций в ЖОН для свиноферм составляет: кала – 40 %; мочи – 40 %; воды – 20 %. Свойства ЖОН отличаются значительными колебаниями, на которые в наибольшей степени влияют (Kutera 1994): виды животных и их возраст; виды кормов; способ очищения ферм

Волкова Галина Александровна, Брестский государственный технический университет.
Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.