

На основании полученных данных была произведена промышленная очистка теплообменных поверхностей водным раствором 3%-ной соляной кислоты с добавкой 0,1% ингибитора 3-фомилизопертиоцианата и уротропина (0,1%). Контроль степени очистки поверхности металла от продуктов коррозии и накипи производили визуально и по изменению концентрации кислоты, при наличии на очищаемой поверхности ржавчины и накипи. Концентрация кислоты во времени снижается. О полноте очистки судили по постоянной концентрации кислоты в течение 2 ч.

После завершения очистки раствор кислоты нейтрализовали содой до  $\text{pH}=7$  и полученную соль сливали в сточную канализацию.

Так как очищаемая поверхность стали является термодинамически неустойчивой как в атмосфере воздуха, так и в водных растворах, быстро окисляется, для сохранения чистоты оборудования в оборотную охлаждающую систему сразу же заливали ингибированный водный конденсат.

Таким образом, предлагаемые растворители накипи на основе сильных кислот являются эффективными и обеспечивают полное и безопасное удаление накипных отложений промышленного оборудования.

Приготовленные растворители накипных отложений на основе растворов соляной и ортофосфорной кислот являются опасными для проведения промывок из-за коррозии оборудования изготовленного из углеродистой стали оборудования. Использование ингибиторов коррозии уротропина и 3-формилизопертиоцианата позволяет снизить коррозионную активность растворителей накипи до безопасных пределов (0,4-0,5 мм/год) по отношению к углеродистой стали.

1. Розенфельд И.Л. Ингибиторы коррозии. – М.: Химия, 1977. – 243 с.

2. Ингибитор кислотной коррозии: А.с. 518949 СССР / В.Е.Привалов, Е.И.Вайль, А.М.Ханин.

3. Достижения науки о коррозии и технологии защиты от нее. – М.: Металлургия, 1980. – 271 с.

Получено 07.11.2006

УДК 628.33

Т.А.ШЕВЧЕНКО

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ СОЕДИНЕНИЙ ФОСФОРА**

Рассматриваются биологические методы удаления фосфора в очищенной сточной воде, эффективность магнитно-реагентной очистки для удаления фосфора.

Основными задачами современных требований к качеству очищенной воды является удаление биогенных элементов и глубокая очистка воды по БПК и взвешенным веществам. Наиболее сложная из этих проблем является удаление фосфора. В мировой практике уже значительное количество станций работает с применением технологии биологического удаления фосфора [1].

Анализ исследований, выполненных С.В.Яковлевым, Т.А.Кирюхиной [2] и др., свидетельствует, что эффективность очистки сточных вод от соединений фосфора зависит как от состава сточных вод, так и от принятой технологической схемы изъятия фосфора в процессе очистки стоков.

В настоящее время наибольшее распространение получили биологические методы удаления фосфора, внедрение которых не всегда возможно по технико-экономическим показателям. Поэтому внимание должно быть уделено обоснованию и разработке новых методов, таких, как метод магнитно-реагентной очистки, который позволяет не только повысить эффективность очистки сточных вод от соединений фосфора, но и снизить капитальные и эксплуатационные затраты по внедрению его в практику производства.

Основной проблемой, возникающей при внедрении технологий совместного биологического удаления азота и фосфора, является низкая концентрация биохимического потребления кислорода, а также легкоокисляемой органики и легких жирных кислот в поступающей сточной воде.

Для внедрения данных технологий составляет проблему и увеличение времени пребывания в анаэробной зоне и низкие скорости денитрификации, которые приводят к неоправданному увеличению размеров сооружений [2].

Принцип биоудаления фосфора основан на жизнедеятельности микроорганизмов *Acinebacter*, которые способны аккумулировать больше фосфора, чем нужно на прирост, так называемое «жадное поглощение». *Acinebacter*, обычно, присутствует в активном иле, но не в значительных количествах из-за низкой скорости прироста. Чтобы этот микроорганизм начал играть свою полезную роль, следует обеспечить его соответствующим субстратом – низкомолекулярными летучими жирными кислотами (ЛЖК), предпочтительно уксусной, и создать условия, при которых он способен использовать ЛЖК эффективнее других микроорганизмов, находящихся в биоценозе.

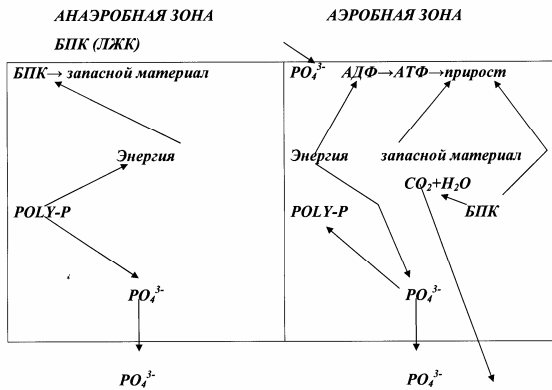
Микроорганизмы *Acinebacter* способны потреблять ЛЖК в анаэробных условиях, используя для этого энергию полифосфатных связей. В анаэробной зоне полифосфаты распадаются, высвобождая энер-

гию из полифосфатных связей аналогичных АТФ. Эта энергия используется для потребления кислот и накопления запасного материала.

В следующей аэробной зоне запасенный материал окисляется с образованием новых клеток. При этом в аэробных условиях фосфаты удаляются из сточной воды при переходе неорганических фосфатов в энергетические полифосфаты, которые накапливаются в клетках бактерий.

Цикл (рисунок) повторяется до тех пор, пока после аэробной зоны аккумулярованные фосфаты не будут выведены с избыточной биомассой. Чем больше ЛЖК присутствовало в анаэробной зоне, тем больше высвобождение фосфора, больше прирост *Acinebacter* и, следовательно, больше удаляется фосфатов.

На эффективность биоудаления фосфора влияют следующие факторы: качество сточной воды, степень гидролиза органики, температура, содержание кислорода.



Принцип биоудаления фосфора

Для оптимального потребления фосфора в аэробной зоне должно быть достаточно кислорода, что проверяется полнотой нитрификации. Нитраты ингибируют удаление фосфора, оказываясь в анаэробной зоне. Денитрификация и удаление фосфора могут идти в одном сооружении.

В настоящее время могут найти применение двухпоточные схемы удаления фосфора (как правило, в комбинации с биологическим удалением азота):

- реагентное осаждение из циркуляционного потока иловой смеси – процесс Phostrip;

- удаление с избыточным активным илом при использовании на стадии первичной обработки сточной воды ацидофикатора.

Перспективной является схема ацидофикации осадка из биокоагулятора, в который подается избыточный активный ил и происходит интенсивная сорбция илом органических загрязнений.

Биокоагулятором может быть песколовка с продолжительностью пребывания сточной воды 5-6 мин.

Для интенсификации удаления фосфора из сточных вод перспективным методом является обработка магнитным полем. При этом способе фосфаты связывают реагентом в нерастворимые соединения, после чего вводят магнитный материал и воздействуют магнитным полем, в результате чего выделяется фосфатосодержащий осадок.

Анализ литературных данных показывает, что магнитно-реагентная технология очистки воды является достаточно распространённой при очистке сточных вод от различных примесей, особенно тяжелых металлов. Значительно меньше есть сведений о применении данного метода для очистки воды от взвешенных веществ, солей жесткости, обезжелезивания и других, которые не взаимодействуют с магнитным полем [3].

Магнитно-реагентную очистку воды используют в случае необходимости извлекать парамагнитные и диамагнитные примеси. Введение в очищаемую воду ферромагнитного реагента (магнетита) и коагулянта или щелочи позволяет получить агрегаты, в состав которых входят ферромагнитные частицы магнетита и продукты коагуляции, которые способны реагировать на действие магнитного поля. Если поместить очищаемую воду с образованными в ней ферромагнитными агрегатами в магнитное поле, то их гидравлическая крупность значительно увеличивается, причем скорость направленного движения увеличивается по мере приближения к поверхности магнита, то есть увеличивается с ростом магнитного силового фактора.

Основой теоретической модели работы магнитных очистных устройств в общем случае является предложенное О.В.Сандуляком и Н.Н.Гиролем векторное уравнение движения ферромагнитной частицы, которое имеет вид:

$$\vec{F}_M + \vec{F}_T + \vec{F}_C + \vec{F}_A + \vec{F}_i = 0, \quad (1)$$

где  $\vec{F}_M$  – магнитная сила;  $\vec{F}_T$  – сила тяжести;  $\vec{F}_C$  – сила сопротивления воды (сила Стокса);  $\vec{F}_A$  – выталкивающая (Архимедова) сила;

→

$F_i$  – инерционная сила.

На процесс магнитно-реагентной очистки воды влияет достаточно значительное количество факторов: высокая степень дисперсности ферромагнитных агрегатов (размеры от микронных до миллиметровых); изменение величины магнитной восприимчивости частиц магнетита; взаимодействие (механическое и магнитное) между самими агрегатами и др.

Можно определить такие основные направления интенсификации магнитно-реагентной очистки воды на современном этапе:

1. Образование магнитных реагентов непосредственно в очищаемой среде с максимальным использованием присутствующих в сточных водах химических веществ и соединений, а также их активация с целью улучшения ферромагнитных свойств такими способами.

2. Разработка технологий одновременного извлечения из воды нескольких видов загрязнений.

В случаях необходимости проводить очистку воды магнитно-реагентным способом актуальным является внедрение магнитных аппаратов, которые обеспечивают высокую эффективность процесса очистки при больших скоростях потока воды с довольно широким диапазоном загрязнений.

Для реализации магнитно-реагентной очистки воды можно использовать магнитные отстойники, которые соединяют преимущества магнитных сепараторов и фильтров, нивелируют их недостатки и обеспечивают высокую эффективность процесса очистки [4].

На основании проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Принцип биоудаления фосфора основан на жизнедеятельности микроорганизмов *Acinebacter*, которые способны аккумулировать фосфор. При этом жизнедеятельность этих организмов следует обеспечить низкомолекулярными летучими жирными кислотами (ЛЖК).

2. Для интенсификации удаления фосфора из сточных вод перспективным методом является обработка магнитным полем.

3. Перспективным методом удаления фосфора является метод магнитно-реагентной очистки, позволяющий повысить эффективность удаления фосфора не менее чем на 20-25%.

4. При проведении очистки воды магнитно-реагентным способом актуальным является внедрение магнитных аппаратов, которые обеспечивают высокую эффективность процесса очистки при больших скоростях потока воды с довольно широким диапазоном загрязнений.

1. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. – Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2003. – 622 с.
2. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2004. – 702 с.
3. Гіроль М.М., Прокопчук Н.М., Бернацький М.В. Магнітно-реагентне очищення води в магнітних відстійниках та комбінованих установках // Коммунальное хозяйство городов. Науч.-техн. сб. Вып. 45. – К.: Техніка, 2002. – 230 с.
4. Бернацький М.В. Магнітно-реагентне очищення води в магнітних відстійниках сотової структури: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04. – Рівне, 2004. – 219 с.

*Получено 04.10.2006*

УДК 628.1.147

В.О.ТИХОНЮК-СИДОРЧУК, Л.Н.ТИХОНЮК

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

### **АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ КОНТАКТНОЙ КОАГУЛЯЦИИ**

Рассматривается ряд основных технологических процессов, которые используются при контактной коагуляции. Анализируются и сравниваются основные сооружения, применяемые в практике очистки воды, главным принципом работы которых является контактная коагуляция.

Метод очистки воды, основанный на использовании явления контактной коагуляции называется методом контактного осветления, в состоянии обеспечить высокий и устойчивый эффект при различных изменяющихся по сезонам года физико-химических условиях коагуляции, с меньшими дозами коагулянта, чем в обычной схеме очистки воды с отстаиванием и фильтрацией [1, 4]. Работа сооружений, предназначенных для выделения коагулированной взвеси в осадок, основана главным образом на двух принципах – осаждении под действием сил тяжести и прилипания к зернам фильтрующих загрузок. Осаждение осуществляется или из горизонтального потока воды (отстойники), или из вертикального потока (осветлители). Отделение взвеси фильтрацией производят при движении воды сверху вниз (фильтры) или снизу вверх (контактные осветлители) [4]. Термин «контактная коагуляция» характеризует сумму явлений, происходящих при пропускании коагулированной воды через слои зернистых материалов. Это относится в особенности к контактным осветлителям и фильтрам, действующим в режиме прямоточной коагуляции, когда смешение коагулянта с водой производится непосредственно перед входом воды в загрузку [1, 4].

Для разделения концентрированных суспензий в технологии очистки воды получили фильтры, в которых фильтрация идет с образова-