

**В.Н. АНУФРИЕВ,**  
К. Т. н., доцент кафедры  
«Водоснабжение и водоотведение» БНТУ

В ПОМОЩЬ ПРОЕКТИРОВЩИКУ, ТЕХНОЛОГУ

## ЗАДАЧИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

(Окончание. Начало в № 4—2012).

**Биологическое удаление фосфора** основано на выдерживании микроорганизмов активного ила со сточной водой в анаэробных условиях, в которых происходит выделение фосфора из клеток микроорганизмов в сточную воду, последующей обработке иловой смеси в аэробных условиях при интенсивном

поглощении фосфора микроорганизмами из сточной воды и последующем частичном удалении соединений фосфора с избыточным активным илом (рис. 7) [3].

Для эффективного удаления фосфора из сточной воды необходимо устройство емкости с анаэробными условиями, то есть среды,

в которой отсутствует растворенный в воде кислород и соединения, содержащие кислород в связанной форме (нитраты). Биологическое удаление фосфора из сточных вод может осуществляться как с параллельным удалением азота денитрификацией, так и без денитрификации. Как правило, в большей части случаев удаление фосфора производится вместе с денитрификацией.

При проектировании сооружений с биологическим удалением фосфора рекомендуется избегать поступления растворенного кислорода и нитратов в потоках поступающей на очистку сточной воды и рециркуляционного активного ила, направляемого в анаэробную емкость. Для снижения концентрации нитратов в сточной воде и иловой смеси, поступающих в анаэробную емкость, ее устраивают в начале технологической схемы биологической очистки. В ряде случаев для удаления нитратов из потока циркуляционного активного ила его направляют в промежуточную емкость с анаэробными условиями и организуют дополнительный циркуляционный поток иловой смеси из указанной емкости в анаэробную (рис. 8). Для этой цели возможно направление потока циркуляционного активного ила для удаления нитрата в отдельную дополнительную емкость с анаэробными условиями (рис. 9), устраиваемой параллельно с анаэробной, с организацией циркуляции иловой смеси между ними.

Существуют также другие схемы, обеспечивающие снижение концентрации кислорода и нитратов в анаэробной емкости. Реализация схем циркуляции иловой смеси по сооружениям с различными условиями может предусматриваться как путем строительства отдельных емкостей, так и путем разделения емкостных сооружений на отдельные отсеки. Последнее, как правило, используется при реконструкции существующих сооружений, включающих аэротенки коридорного типа. При этом в любом из этих случаев приходится решать задачу перемешивания иловой смеси в анаэробной емкости. Для этого используются перемешивающие

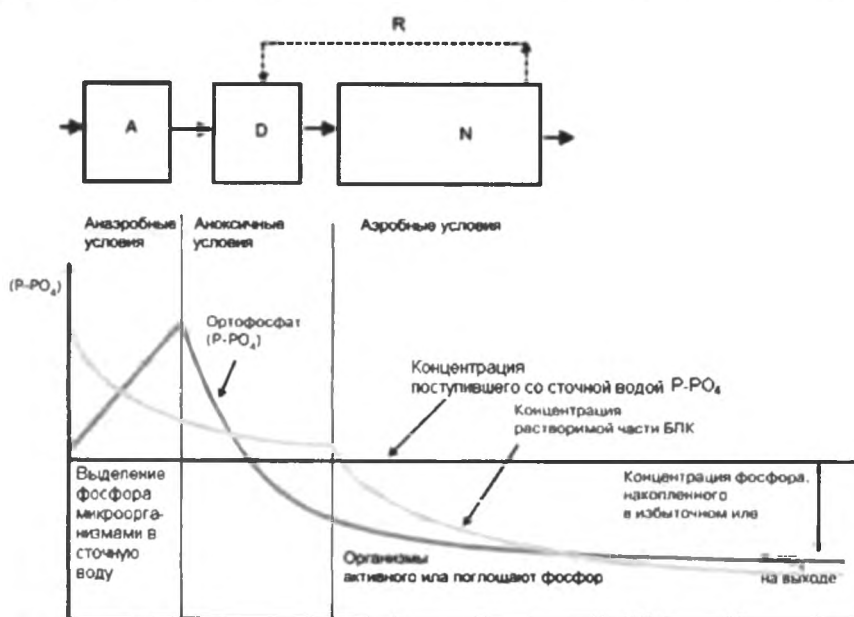


Рис. 7. Принципиальная схема сооружений и график изменения содержания соединений фосфора в сточной воде в процессе очистки: А – анаэробная технологическая емкость; D – денитрификатор; N – нитрификатор; R – рециркуляция иловой смеси из нитрификатора в денитрификатор

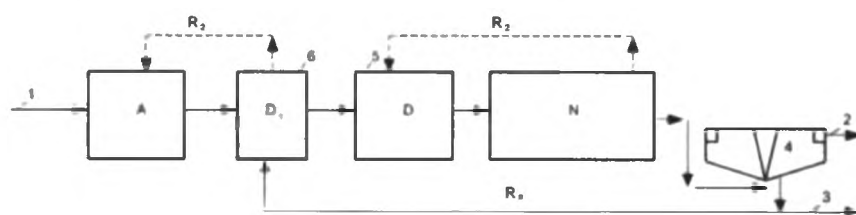


Рис. 8. Схема биологического удаления соединений фосфора с предварительной обработкой рециркуляционного активного ила со сточной водой в денитрификаторе: 1 – поступление исходной воды; 2 – отведение обработанной воды; 3 – отведение избыточного активного ила; 4 – вторичный отстойник; А – анаэробная технологическая емкость; D – денитрификатор; D<sub>1</sub> – денитрификатор для рециркуляционного активного ила; N – нитрификатор; R<sub>1</sub> – рециркуляция иловой смеси из денитрификатора D<sub>1</sub> в анаэробную емкость; R<sub>2</sub> – рециркуляция иловой смеси из нитрификатора в денитрификатор; R<sub>3</sub> – рециркуляция активного ила

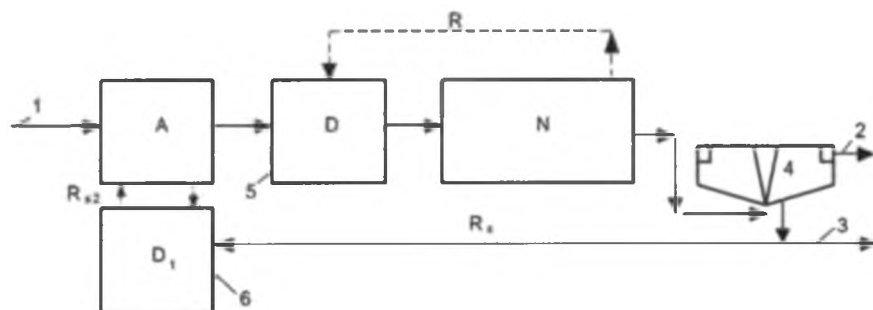


Рис. 9. Схема биологического удаления соединений фосфора с предварительной обработкой рециркуляционного активного ила в денитрификаторе с устройством рециркуляции иловой смеси между денитрификатором и анаэробной емкостью: 1 – поступление исходной воды; 2 – отведение обработанной воды; 3 – отведение избыточного активного ила; 4 – вторичный отстойник; А – анаэробная технологическая емкость, D – денитрификатор; D<sub>1</sub> – денитрификатор для рециркуляционного активного ила; N – нитрификатор; R – рециркуляция иловой смеси из нитрификатора в денитрификатор; R<sub>1</sub> – рециркуляция активного ила; R<sub>2</sub> – рециркуляция иловой смеси между денитрификатором D<sub>1</sub> и анаэробной емкостью

устройства, аналогичные применяемым для перемешивания в денитрификаторах

**Химическое осаждение фосфора.**

Достаточность применения только биологического удаления фосфора для достижения природоохранных нормативов может оцениваться из возможной степени удаления и балансовых уравнений [7].

Когда биологического удаления фосфора недостаточно для обеспечения требуемой степени очистки сточных вод, предусматривается химическое осаждение фосфора, основанное на химических реакциях реагента с ионами фосфатов с образованием нерастворимых соединений и перевода их в осадок, а также в результате сорбции соединений фосфора хлопьями гидроксидов металлов. Для осаждения фосфора в качестве реагентов используются известь, соли железа и алюминия, а также другие минеральные коагулянты, в том числе отходы производства, шламы, содержащие соли железа и алюминия, которые не оказывают токсикологического воздействия на процесс биологической очистки и не приводят к поступлению в очищаемую воду дополнительных загрязняющих веществ.

Реагентное осаждение соединений фосфора может быть реализовано различными методами. Наиболее распространены методы прямого, предварительного, параллельного и последующего осаждения соединений фосфора реагентами.

**Прямое осаждение фосфора**

применяется при очистке сточных вод физико-химическими методами без использования биологической очистки. Схема приведена на рис. 10.

Дозирование реагентов производится с учетом осаждения, кроме фосфорных соединений, других загрязняющих веществ. В качестве реагентов в данном случае применяются коагулянты на основе двухвалентного железа совместно с известью. При использовании данного метода достигается снижение содержания взвешенных веществ до 90 %; снижение содержания органических веществ, оцениваемых по БПК<sub>5</sub> — до 75 %; содержания фосфора общего — до 90 %; содержания азота общего — до 25 %.

**Предварительное осаждение фосфора**

осуществляется при дозировании реагентов в поток сточной воды, поступающей на первичный отстойник или на песколовку (рис. 11, 12).

При предварительном осаждении достигается снижение содержания фосфора общего до 70 %, содержание органических веществ, оцениваемых по БПК<sub>5</sub> в воде, отводимой после первичных отстойников, уменьшается на 50–60 %. Дополнительный объем осадка, образующийся при предварительном осаждении, составляет от 20 до 50 %.

При применении предварительного осаждения следует учитывать значительное

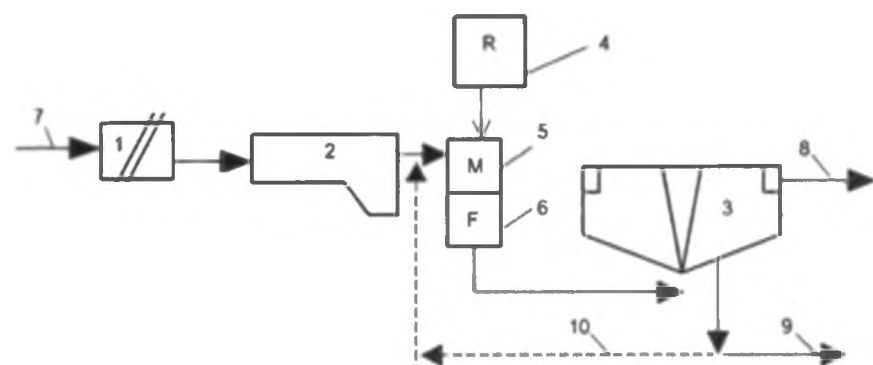


Рис. 10. Схема прямого осаждения соединений фосфора из сточных вод: 1 – решетка; 2 – песколовка; 3 – отстойник; 4 – реагентное хозяйство; 5 – смеситель; 6 – камера флокуляции; 7 – поступление исходной воды; 8 – отведение обработанной воды; 9 – отведение осадка; 10 – рециркуляция осадка

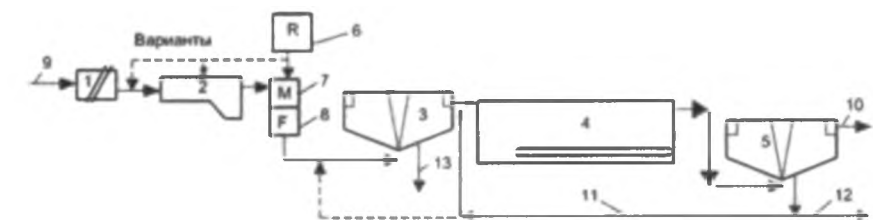


Рис. 11. Схема предварительного осаждения соединений фосфора из сточных вод: 1 – решетка; 2 – песколовка; 3 – первичный отстойник; 4 – аэротенк; 5 – вторичный отстойник; 6 – реагентное хозяйство; 7 – смеситель; 8 – камера флокуляции; 9 – поступление исходной воды; 10 – отведение обработанной воды; 11 – рециркуляция активного ила; 12 – отведение избыточного активного ила; 13 – отведение осадка первичных отстойников



Рис. 12. Вид установки введения реагента в поток сточных вод перед первичными отстойниками на очистных сооружениях, г. Санкт-Петербур

снижение взвешенных веществ и БПК<sub>5</sub> в сточной воде после первичного отстаивания, так данный процесс интенсифицируется коагуляцией. Учитывая, что растворенные в сточной воде соединения азота в данном случае практически не удаляются, то применение такого метода в системах с денитрификацией ведет к снижению соотношения БПК<sub>5</sub> и соединений азота. Дефицит органических веществ для денитрификации приводит к необходимости увеличения времени обработки или дополнительного дозирования реагентов субстратов (метанола, уксусной кислоты).

**Параллельное осаждение фосфора** производится дозированием реагентов в поток сточной воды, поступающей в аэротенки, или непосредственно в аэротенки (рис. 13). Данный метод не нарушает баланса биогенных веществ при обработке сточных вод в сравнении с предварительным осаждением. Вместе с тем дозирование реагентов генерирует дополнительный объем осадка до 40 %, который требует обработки. Дозы реагентов в данном случае должны выбираться с учетом недопустимости токсикологического воздействия реагентов на биоценоз активного ила.

**Последующее осаждение фосфора** осуществляется обработкой сточной воды реагентами с их дозированием в поток, отводимый от вторичных отстойников (рис. 14). Дополнительный объем осадка, образующийся при последующем осаждении, составляет от 20 до 50 %.

Преимуществом данного метода является значительное снижение доз реагентов, требующихся для осаждения фосфора, т. к. его концентрации в потоке сточных вод в месте дозирования ниже, чем в ранее рассмотренных схемах. Однако устройство ступени реагентного осаждения для биологически очищенной сточной воды требует отдельных сооружений камер смешения, отстойников, что также удорожает строительство очистных сооружений.

При высоких требованиях к содержанию фосфора (0,3–0,5 мг/дм<sup>3</sup>) в очищенной воде

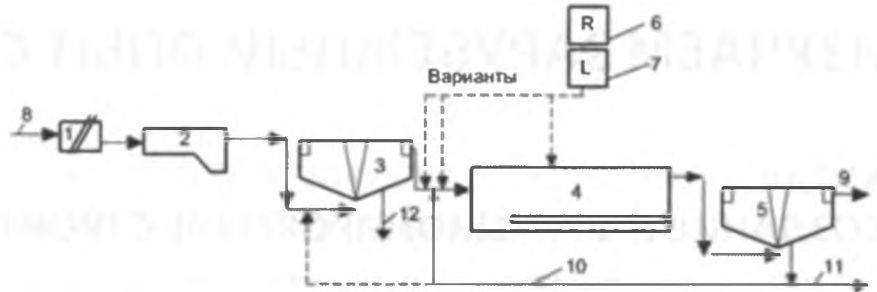


Рис. 13. Схема параллельного осаждения соединений фосфора из сточных вод: 1 – решетка; 2 – песколовка; 3 – первичный отстойник; 4 – аэротенк; 5 – вторичный отстойник; 6 – реагентное хозяйство; 7 – накопитель для раствора реагента; 8 – поступление исходной воды; 9 – отведение обработанной воды; 10 – рециркуляция активного ила; 11 – отведение избыточного активного ила; 12 – отведение осадка первичных отстойников

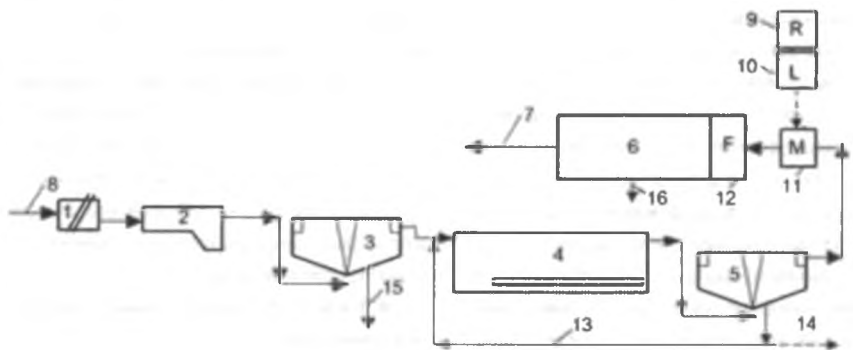


Рис. 14. Схема последующего осаждения соединений фосфора из сточных вод: 1 – решетка; 2 – песколовка; 3 – первичный отстойник; 4 – аэротенк; 5 – вторичный отстойник; 6 – отстойник для осаждения фосфорных соединений; 7 – отведение обработанной воды; 8 – поступление исходной воды; 9 – реагентное хозяйство; 10 – накопитель для раствора реагента; 11 – смеситель; 12 – камера флокуляции; 13 – рециркуляция активного ила; 14 – отведение избыточного активного ила; 15 – отведение осадка первичных отстойников; 16 – отведение осадка, полученного реагентным осаждением

необходимо применение параллельного или последующего осаждения с дополнительной последующей обработкой **фильтрованием с флокуляцией**.

При дополнительной обработке фильтрованием с флокуляцией предусматривается дозирование солей трехвалентного железа в сочетании с полиэлектролитными флокулянтами, после чего выделяющийся осадок из фосфорных соединений задерживается фильтрованием на двухслойных фильтрах с зернистой загрузкой.

Учитывая, что проектирование сооружений для удаления фосфора является для отечественной практики относительно новым направлением, для повышения доступности методик расчетов разработан проект ТКП «Очистные сооружения сточных вод. Правила проектирования». Введение данного документа позволит использовать накопленный европейский опыт проектирования очистных сооружений, отвечающих современным требованиям к эффективности очистки сточных вод.

Полный текст статьи размещен в СД-приложении



**Список литературы и использованных источников**

1. Директива Совета Европейского Союза от 21.05.1991 об очистке городских сточных вод (91/271/ЕЕС).
2. Инструкция о порядке установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в водные объекты. Утверждена постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 29 апреля 2008 г. № 43, с изменениями и дополнениями, утвержденными постановлением Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 29 декабря 2009 г. № 71.
3. Проект ТКП «Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Порядок установления нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в водные объекты».
4. ATW-DVWK-Kommentar Bemessung von Belegung und SBR-Anlagen. R. Kayser. — Braunschweig, 2000.
5. W. Bischof Abwassertechnik Stuttgart, 1993. — 630 s.
6. Degremont Технический справочник по обработке воды. — «Новый журнал». — Санкт-Петербург. — 2007.
7. ТКП 45-4.01-202-2010 (02250) «Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования».