

Выбор типа станции должен основываться на оценке режима дозирования и производительности установки. Использование трехкамерных установок обосновано в случае равномерного режима дозирования, при котором не происходит существенных изменений расходов в течение относительно короткого времени, что может быть связано с изменениями расхода и качества обрабатываемой воды.

При использовании двухкамерных установок обеспечивается более стабильный режим подачи созревшего флокулянта из попарно переключающихся расходных баков. В данном случае исключается подача незрелого флокулянта в обрабатываемую воду.

Литература

1. «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования»: ТКП 45-4.01-320-2018. (33020) Утверждён и введён в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 16 марта 2018 г. № 67. Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2018. – 75 с.

2. Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW W 622-2 (A). Dosieranlagen für Flockungsmittel und Flockungshilfsmittel; Teil 2: Flockungshilfsmittel, 2017, 18 S.

3. Установки приготовления и дозирования растворов. [Электронный ресурс] / Промхимтех Установки приготовления и дозирования растворов, М. – Режим доступа: <https://promhimtech.ru/produksiya/vodoochistka-i-dezinfektsiya-vodyi/ustanovki-prigotovleniya-i-dozirovaniya-rastvorov/>. – Дата доступа: 25.04.2020.

УДК 628.32

Обработка возвратных иловых вод от сооружений по обезвоживанию осадка

Ануфриев В. Н.¹, Волкова Г. А.²

¹Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь,

²Брестский государственный технический университет
Брест, Республика Беларусь

Рассмотрены возможные решения по управлению возвратными потоками иловой воды от станций обезвоживания анаэробно стабилизированного осадка, таких как дозирование иловой воды без обработки в поток сточных вод перед сооружениями биологической очистки, дозирование иловой воды

после ее обработки с удалением аммонийного азота отдувкой или биологическим окислением.

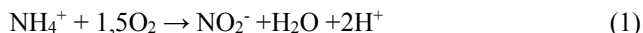
В настоящее время строительство и реконструкция очистных сооружений сточных вод крупных населенных пунктов производится с использованием технологии анаэробной стабилизации осадка в метантенках, что обеспечивает уменьшение его объема и получение биогаза, используемого для производства электроэнергии. Вместе с тем, при анаэробных процессах сбраживания осадка происходит восстановление нитратных форм азота с получением аммония. Таким образом в фугате или других видах иловой воды, образующейся при механическом обезвоживании сброженного осадка содержатся значительные количества аммонийных соединений азота, поступают на сооружения биологической очистки, существенно увеличивая нагрузку по азоту. Кроме того, окисление аммонийного азота увеличивает потребность в кислороде и соответственно повышает расход воздуха, подаваемый системами аэрации. Как известно для биологического окисления 1 кг аммонийного азота требуется 4,3 кг кислорода, что в четыре раза превышает удельный расход кислорода на биологическую деструкцию органических загрязняющих веществ, оцениваемых по показателю БПК₅. Таким образом, возврат иловой воды приводит к существенному увеличению энергопотребления очистных сооружений.

В связи с чем, при проектировании очистных сооружений должна рассматриваться система управления возвратными потоками иловой воды. [1]. Такая система может предусматривать т.н. дозированную подачу иловой воды на вход сооружений биологической очистки без обработки, отдельную обработку возвратных вод или комбинацию указанных методов. Возможность применения управляемого дозирования иловой воды в голову очистных сооружений оценивается по допустимой нагрузке по азоту с учетом содержания органических веществ в сточных водах, поступающих на биологическую очистку. При использовании указанного метода иловая вода из накопительной емкости обычно подается в голову очистных сооружений в периоды минимальных расходов сточных вод, поступающих на очистные сооружения, что позволяет избежать перегрузки азотными соединениями во время поступления максимальных расходов.

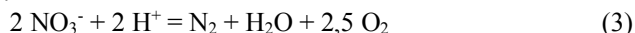
Применение метода управляемого дозирования иловой воды не требует строительства дополнительных сооружений для обработки иловой, за исключением накопителей, что является преимуществом способа. Вместе с тем существует ряд ограничений, которые могут привести к необходимости поиска альтернативных вариантов. В первую очередь, это соотношение между содержанием соединений азота и органических соединений, оцениваемых по БПК₅ или биоразлагаемой доле ХПК. Базовая технология

удаления азота из сточной воды на очистных сооружениях основана на двухстадийной микробиологической нитрификации с окислением аммония до нитрита (бактерии *Nitrosomonas*) и далее нитрита до нитрата (бактерии *Nitrobacter*) с последующей денитрификацией – восстановлением окисленных форм азота в процессе «нитратного дыхания» с образованием газообразного азота.

Нитрификация:



Денитрификация:



Для удаления 1 кг азота нитратов требуется более 5 кг органических соединений оцениваемых по биоразлагаемой доле ХПК. При высоких концентрациях азотных соединений в исходной сточной воде возможности по повышению содержания биоразлагаемых органических веществ за счет регулирования степени осветления на первичных отстойниках или их отключения, могут быть ограничены. Также следует учитывать снижение выработки биогаза, вызванного уменьшением поступления осадка первичных отстойников и увеличение расходов на обработку дополнительных объемов избыточного активного ила из-за большего прироста. В результате альтернативные варианты, основанные на удалении азотных соединений за счет дополнительной отдельной обработки иловой воды, могут оказаться предпочтительными.

В качестве способов обработки иловой воды с целью удаления азотных соединений могут рассматриваться методы физико-химической и биологической очистки. При этом в настоящее время наиболее распространены отдувка аммиака воздухом и биологическая очистка.

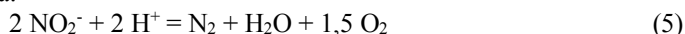
Азот в возвратных потоках иловых вод после обезвоживания сброженного осадка, преимущественно находится в форме аммонийного азота с концентрациями 700-850 мг/л. Формы содержания аммонийного азота и аммиака в воде зависят от pH и температуры и могут быть приведены в виде



При увеличении pH и температуры происходит сдвиг реакции 4 в левую сторону с увеличением концентрации молекулярного аммиака. Для повышения эффективности обработки при отдувке аммиака воздухом иловая вода предварительно обрабатывается щелочью для увеличения pH с последующей аэрацией. Простейшим примером реализации такой технологии является дозирование извести в накопительные емкости с иловой водой. При перемешивании и частичной аэрации происходит выделение аммиака в атмосферный воздух, а также связывание в нерастворимые соединения фосфора. Из-за газообразных выбросов аммиака в воздух, сопровождающихся

распространением запахов, такой упрощенный способ обработки имеет ограниченное распространение. Более совершенными являются схемы обработки иловой воды с отдувкой аммиака воздухом в закрытых реакторах с последующей отмывкой воздуха кислотными растворами. Такой подход позволяет утилизировать выделяющийся аммиак в виде сульфата аммония.

Другим направлением обработки иловой воды является ее биологическая очистка. Первоначально для удаления азота из иловой воды использовалась технология нитритации-денитритации, которая основана на окислении аммония до нитрита (уравнение 1) и угнетении реакции второй стадии - нитрификации окисления нитрита до нитрата (уравнение 2). Далее проводится денитритация в анокисных условиях с получением газообразного азота из нитрита:

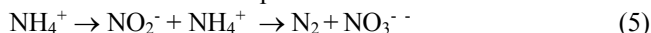


В сравнении с традиционной технологией нитрификации-денитрификации по уравнениям 1-3, удаление азота с использованием нитритации-денитритации позволяет снизить расход органических соединений оцениваемых по биоразлагаемой доле ХПК на 40 %, а также уменьшить затраты на аэрацию из-за снижения потребности в расходе кислорода на 25 %.

Ингибирование второй стадии окисления нитрита осуществляется различными способами – использованием периодической аэрации (чередованием интервалов времени около 20 минут с включением и отключением подачи воздуха), подщелачиванием с увеличением концентрации растворенного аммиака, повышением температуры иловой смеси более 23 °С, при которой начинается угнетение жизнедеятельности бактерий *Nitrobacter*.

Биологическая очистка возвратной иловой воды в настоящее время преимущественно основано на использовании анаэробного автотрофного процесса деаммонизации анамокс, который обеспечивается жизнедеятельностью специфических бактерий группы планктомицет.

Процесс основан на частичном окислении аммонийного азота до нитрита и последующей трансформации смеси нитритного и аммонийного азота в газообразный азот и частично нитрат:



Оптимальным соотношением между концентрациями нитритного и аммонийного азота является диапазон $\text{NO}_2\text{-N}:\text{NH}_4\text{-N} = 1,3:1$.

В нитрат превращается около 10 % от исходного аммонийного азота.

При деаммонизации не требуется дополнительный источник органического углерода в сравнении с традиционной технологией денитрификации, также потребность в кислороде ниже на 60 % [2].

Для обработки иловой воды могут использоваться биологические реакторы как с прикрепленными формами микроорганизмов (биофильтры), так и реакторы со активным илом (проточные и циклические SBR). В

зависимости от варианта реализации анаэробное окисления аммония может производиться совместно при одностадийной обработке или с выделением в отдельную вторую стадию отдельно от образования нитрита, при двухстадийной обработке. Особенностью биологической обработки анаммокс является большой возраст бактерий группы планктомицет превышающий более 11 суток. В связи с чем существует задача их накопления в реакторе, в том числе за счет разделения избыточного активного ила с задержанием и возвратом в реактор ила, содержащего аннаммокс-бактерий. Указанная задача решается применением блоков тонкослойного отстаивания или гидроциклонов. Обработанная иловая вода как правило направляется в поток сточных вод перед сооружениями биологической очистки, либо частично при значительном содержании взвешенных веществ в первичные отстойники, при этом не допускается непосредственный сброс обработанной иловой воды в водные объекты.

Литература

1. Канализация. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования, ТКП 45-4.01-321-2018 (33020) Утверждён и введён в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 16 марта 2018 г. № 67. Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2018 –86 с.

2. Merkblatt DWA-M 349. Biologische Stickstoffelimination von Schlammwässern der anaeroben Schlammstabilisierung. DWA, Hennef, 2019, 85 S.

УДК [574+504] (576)

Оценка состояния поверхностных водозаборов и очистных сооружений с использованием беспилотных летательных аппаратов и средств дистанционной диагностики

Левкевич В. Е.¹, Бузук А. В.², Лосицкий В. А.¹, Саидов Ф.¹

¹Белорусский национальный технический университет

²ГУО Университет гражданской защиты МЧС Республики Беларусь
Минск, Республика Беларусь

В результате развития береговых процессов на водохранилищах (разрушение берегов, подтопление и заболачивание территорий) происходит изъятие пахотных и лесных угодий, нарушение условий жизнедеятельности населения – осложняются условия эксплуатации водозаборов (в том числе и поверхностных), а также эксплуатация очистных сооружений. Основой безопасной жизнедеятельности населения, проживающего непосредственно рядом с водохранилищами, и нормальной эксплуатации инженерных сооружений