ООО «Л-Старт» и
ООО «Архитектура
водных технологий»

представляют

«Библиотечка технолога»
Выпуск №3 часть 2

Проектирование сооружений очистки сточных вод

Удаление азота и фосфора
(часть 2. Денитрификация)

www.L-Start.ru
(495) 935-73-21
info@L-Start.ru

www.watertec.ru
(495) 989-51-54
office@watertec.ru

Эксплуатация канализационных очистных сооружений является весьма сложным процессом с учетом реальной нестационарности количественных и качественных характеристик поступающих сточных вод. Для обеспечения максимальной эффективности работы существующих сооружений эксплуатационные службы очистных сооружений должны корректно контролировать биологические процессы, реализованные в сооружениях биологической очистки и оперативно реагировать на текущую ситуацию, принимая оптимальные для конкретной ситуации, технологические решения.

ООО «Л-Старт» и ООО «Архитектура Водных Технологий» продолжают серию брошюр «Библиотечка технолога», которая, как мы надеемся, поможет технологам и инженерам сооружений очистки сточных вод, а также технологам проектных организаций, в решении конкретных задач, связанных с расчетами и эксплуатацией канализационных очистных сооружений.

В выпуске #3 (часть 2) даны биохимические основы процессов нитрификации и принципы проектирования аэротенков, реализующих процессы нитрификации в ходе биологической очистки сточных вод.

Надеемся, Вы найдете данное руководство полезным.

Если у Вас возникли вопросы или нужна дополнительная помощь, будем рады ответить на все интересующие Вас вопросы: ООО «Л-Старт» тел.: +7 (495) 935-73-21, ООО «Архитектура Водных Технологий» тел.: +7 (495) 989-51-54.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Процесс денитрификации – определение.....3

2. Процесс денитрификации – стехиометрическое описание процесса.....4

3. Процесс денитрификации – базисные положения проектирования.....5

4. Процесс денитрификации – основные схемы реализации процесса.....11

Процесс денитрификации - определение

Денитрификация – это микробиологический процесс восстановления окисленных соединений азота (нитратов, нитритов) до газообразных продуктов (в первую очередь N_2, при определенных условиях – закись азота и окись азота).

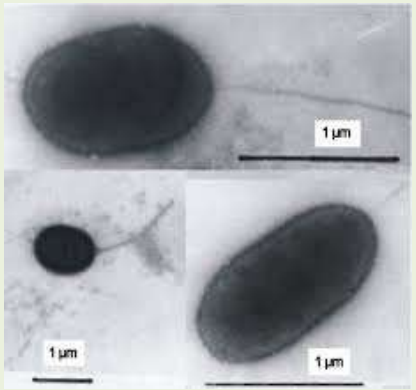
$$NO_3^- \rightarrow NO_2^- NO \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$$

В ходе процесса денитрификации, нитраты (NO_3) или/и нитриты (NO_2) восстанавливаются до газообразных соединений азота в ходе жизнедеятельности бактерий родов Pseudomonas, Alcaligenes, Bacillus, Paracoccus и др., которые являются факультативными анаэробами и, в отсутствие растворенного кислорода, используют нитраты и нитриты в качестве конечных акцепторов электронов.

Примеры денитрифицирующих бактерий

Pseudomonas caeni sp. nov

Bowmanella denitrificants gen. nov, sp. nov



Pseudomonas xiamenenis sp. nov

Процесс денитрификации – стехиометрическое описание процесса

Использование органического субстрата:

Сточные воды

(интегральный органический субстрат, поступающий со сточными водами – *в зависимости от состава сточных вод, интегральная формула субстрата может меняться*)

$$C_{10}H_{19}O_5N + 10\ NO_3^- \Longrightarrow 5\ N_2 + 10\ CO_2 + 3\ H_2O + NH_3 + 10\ OH^-$$

Внешний источник органического субстрата – *метанол*:

$$5CH_3OH + 6\ NO_3^- \Longrightarrow 3\ N_2 + 5\ CO_2 + 7\ H_2O + 6\ OH^-$$

На восстановление 1 мг $N\text{-}NO_3$ требуется 1,9 мг метанола – из химической реакции (реальный расход метанола при реализации процесса денитрификации в промышленных аэротенках составляет 2,5-3,0 мг на 1 *мг восстанавливаемого $N\text{-}NO_3$)*

Внешний источник органического субстрата – *ацетат*:

$$5CH_3COOH + 8NO_3^- \Longrightarrow 4\ N_2 + 10\ CO_2 + 6\ H_2O + 8\ OH^-$$

Процесс денитрификации – базисные положения проектирования

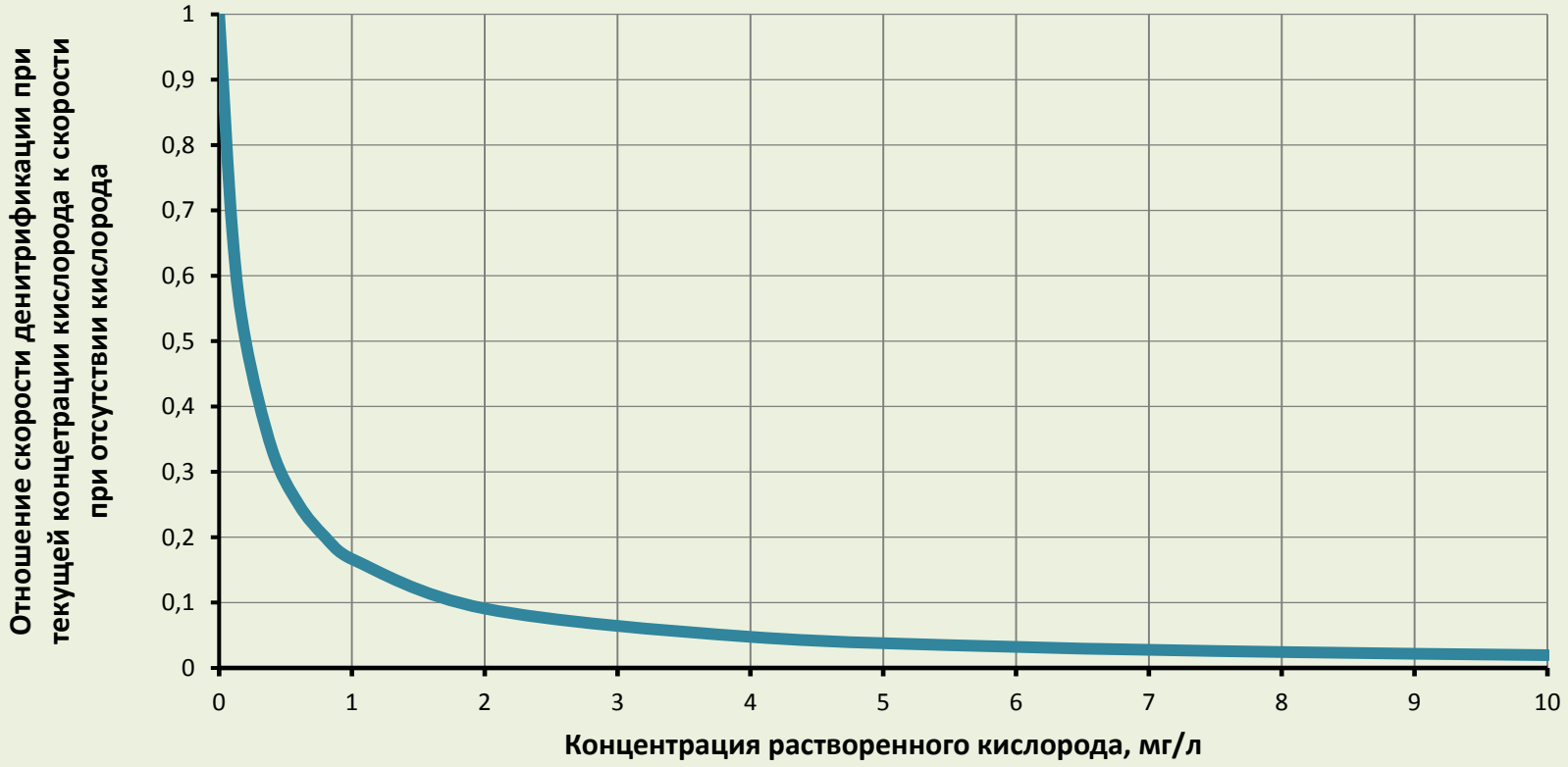
Основные положения при проектировании сооружений, реализующих процессы денитрификации:

pH – рабочее значение pH для реализации процесса нитрификации 7,0-9,0. При pH ниже 6,5 и выше 9,5 происходит ингибирование процесса денитрификации, при pH=6 и ниже, а также выше 10, происходит полная остановка процесса.

Щелочность - восстановление 1 *мг/л N-NO3* повышает щелочность иловой смеси на 3,57 *мг/л (как* $CaCO_3$*)*.

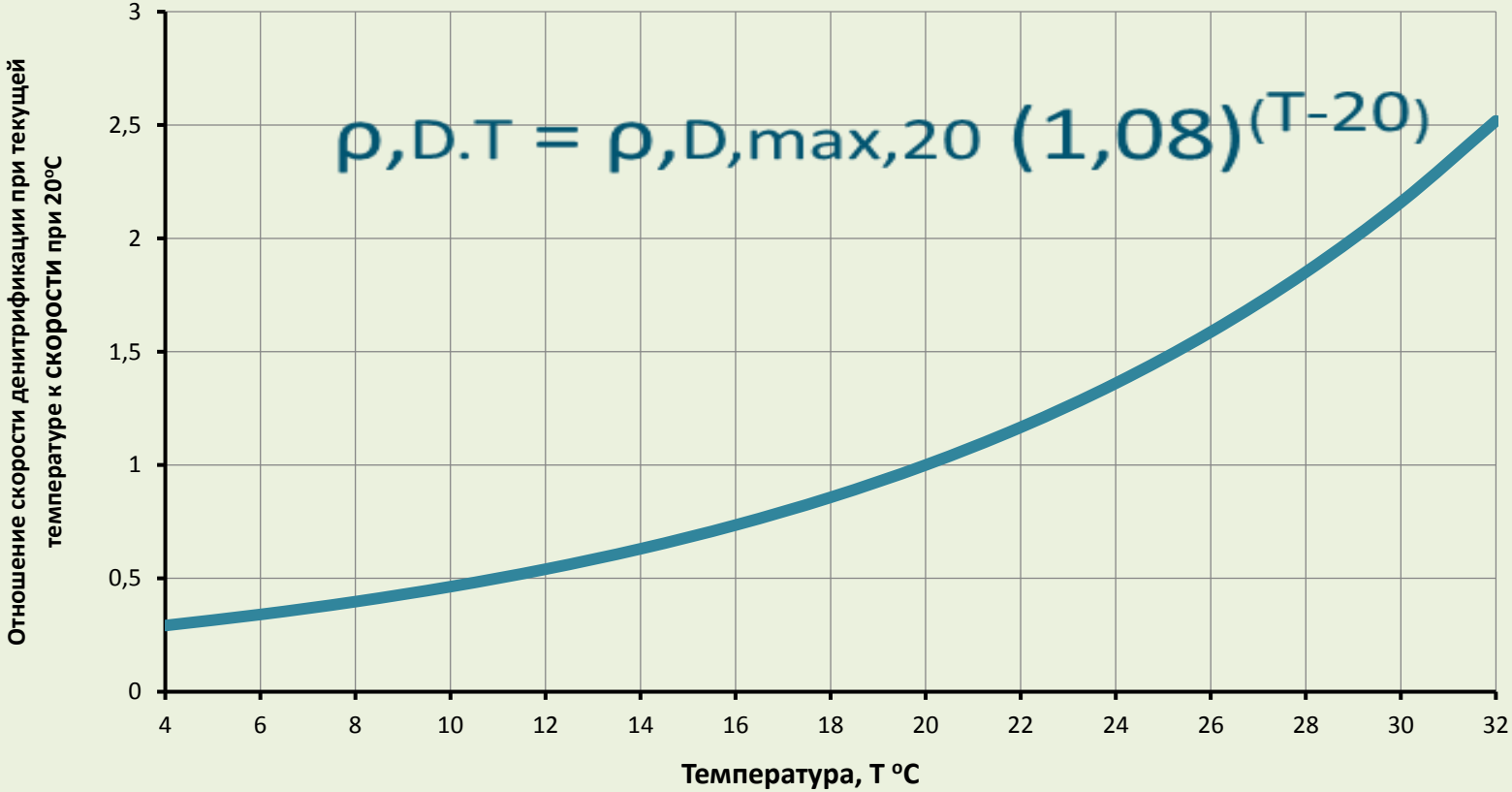
Процесс денитрификации – базисные положения проектирования

Концентрация растворенного кислорода - кислород является ингибитором процесса денитрификации. Концентрация растворенного кислорода не должна превышать
0,3 мг/л - для высококонцентрированных по органическим соединениям сточных вод,
0,15 мг/л - для средне- и низко- концентрированных сточных вод.



Процесс денитрификации – базисные положения проектирования

Температура – зависимость скорости процесса денитрификации от температуры в диапазоне температур 0-32 °С описывается уравнением : $\rho,D.T = \rho,D,max,20\ (1,08)^{(T-20)}$.
При температурах 32-40 °С скорости процессов постоянны,
при повышении температуры более 45°С скорость резко падает практически до 0.



Процесс денитрификации – базисные положения проектирования

Условия реализации процесса денитрификации в аноксидных зонах аэротенка:

1. Концентрация растворенного кислорода менее 0,3 мг/л:
- отсутствие подачи воздуха на перемешивание
- низкое количество подаваемого воздуха на перемешивание
- перемешивание иловой смеси с помощью пульсирующей аэрации
- использование деоксидации возвратного активного ила

2. Достаточность органических веществ на реализацию процесса денитрификации:
- поступающие сточные вод
- внешний источник углерода
- ферментированные осадки сточных вод

3. Перемешивание
- циклическая или пульсирующая аэрация
- механические мешалки
- перемешивающие насосы

Процесс денитрификации – базисные положения проектирования

!!! Количество нитратов, подаваемых в зону денитрификации, должно соответствовать количеству нитратов, которое необходимо удалить для обеспечения заданного качества очистки

Суммарный расход возвратного активного ила ($Q_{ВАИ}$) и нитратного рецикла ($Q_{Н.Р.}$):

$$Q_{ВАИ}+Q_{Н.Р.}=Q_{с.в.}*(\text{ɤ}N\text{-}NO_3/N\text{-}NO_3(треб) - 1),$$

где $Q_{с.в.}$ – расход поступающих сточных вод, м^3/сут;
ɤ$N\text{-}NO_3$ – концентрация азота нитратов, которое требуется удалить в ходе процесса денитрификации, мг/л = г/м^3;
$N\text{-}NO_3$(треб) – требуемая концентрация азота нитратов в очищенной воде, мг/л = г/м^3

Количество нитратов, рециркулируемых в аноксидную зону:

$$N\text{-}NO_3(рец)= N\text{-}NO_3\ (вых)*(Q_{ВАИ}+Q_{Н.Р.}),$$

где $N\text{-}NO_3$ (вых) – концентрация азота нитратов в очищенной воде, мг/л=г/м^3

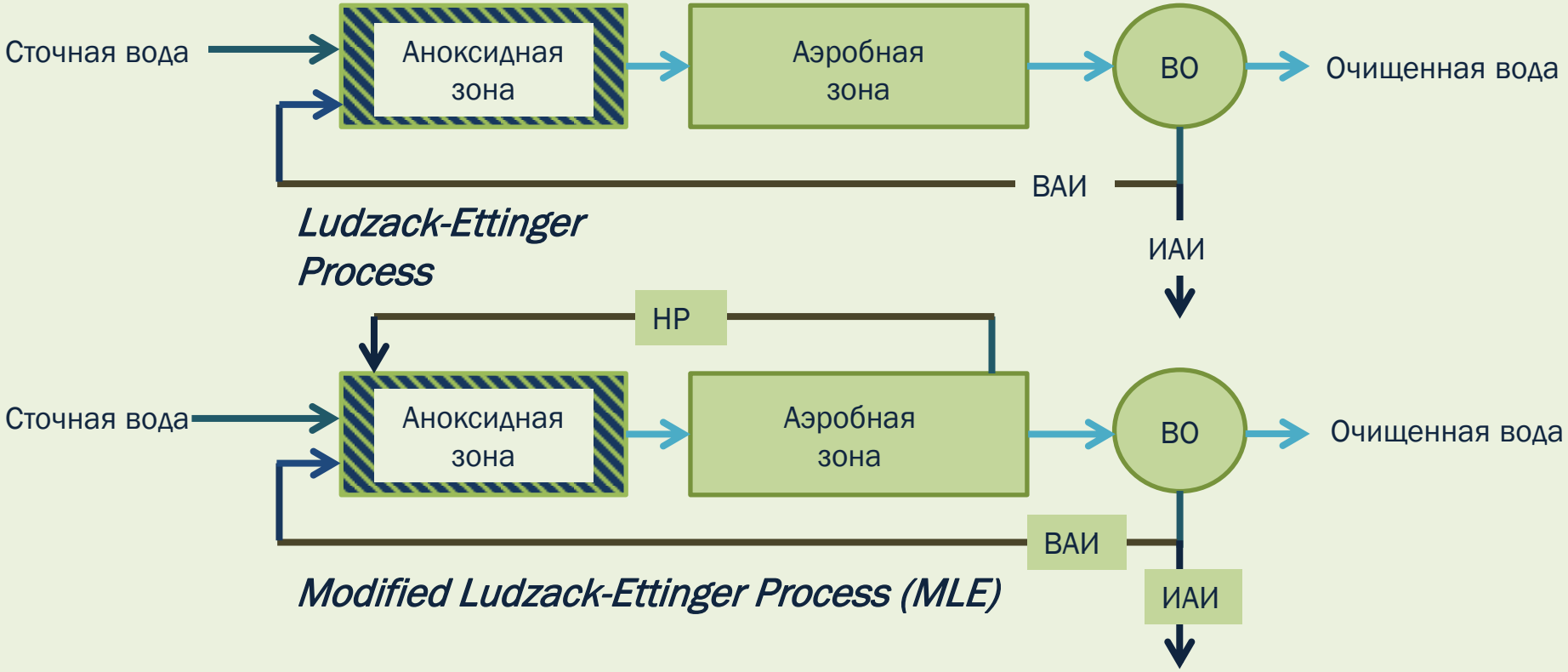
Процесс денитрификации – базисные положения проектирования

Значимые факторы для реализации процесса денитрификации (сравнение с процессом нитрификации)

Параметр	Нитрификация	Денитрификация
Возраст активного ила	X	
Растворенный кислород	X	X
pH	X	X
Температура	X	X
Ингибиторы	X	
Биоразлагаемость органического субстрата		X

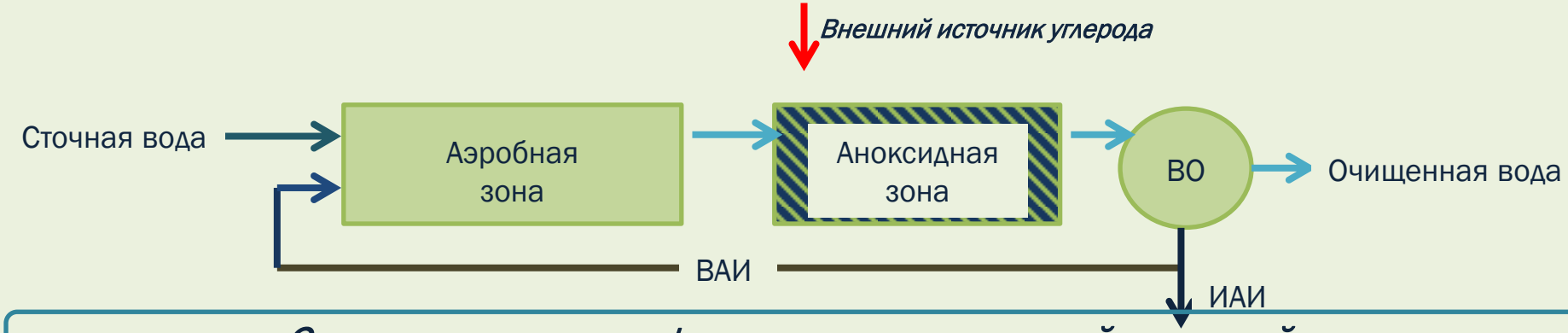
Процесс денитрификации – основные схемы реализации процесса

Пре-денитрификация –
аноксидная зона устанавливается перед зоной нитрификации:

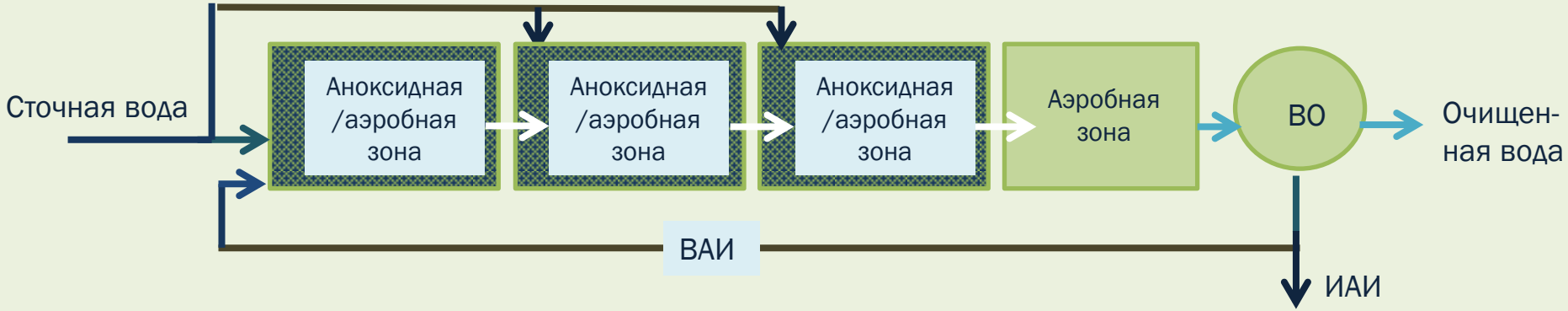


Процесс денитрификации – основные схемы реализации процесса

Пост-денитрификация –аноксидная зона устанавливается после зоны нитрификации



Ступенчатая денитрификация с пульсирующей аэрацией



При реализации данной схемы в аноксидных/аэробных зонах устанавливаются как мешалки, так и аэраторы, работающие попеременно.