

Сорокина Н. В.

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

НИТРИ–ДЕНИТРИФИКАЦИЯ СТОЧНОЙ ЖИДКОСТИ В АЭРОБНОМ ТРЕХСТУПЕНЧАТОМ БИОРЕАКТОРЕ

Рассмотрены и изучены процессы нитри–денитрификации в аэробном трехступенчатом биореакторе установки малой производительности для очистки бытовых сточных вод.

Очистные установки малой производительности, как правило, не обеспечивают доведение качества очистки сточных вод до требований к сбросу в водоемы рыбохозяйственного назначения по концентрациям различных форм азота, БПК_{полн} и взвешенных веществ.

Целью работы является решение данной проблемы при помощи совместной работы прикрепленных и свободноплавающих микроорганизмов при рециркуляции определенного объема возвратного активного ила.

Задачами исследований следует считать определение параметров кинетик денитрификации, нитрификации, окисления органических веществ в трехступенчатом аэробном биореакторе.

Технологическая схема локальной очистки сточных вод в установке малой производительности (УМП) включает анаэробную обработку в септике, аэробную нитри–денитрифицирующую обработку в аэробном трехступенчатом биореакторе (первая ступень – денитрификатор, вторая – нитрификатор, третья – биореактор доочистки сточных вод) с сообществом прикрепленного и свободноплавающего биоценозов, вторичный отстойник (между второй и третьей ступенями биореактора), обеззараживание сточной жидкости.

В септиках наряду с гидролитическими ферментативными процессами протекают реакции аммонификации. Значительное снижение в сточных водах содержания растворенных органических веществ выдвигает на первый план на последующих стадиях аэробной биологической очистки процессы нитри–денитрификации. При этом целесообразно использовать насадки с прикрепленными микроорганизмами.

Главные факторы, оказывающие влияние на формы азота в воде – окислительно-восстановительный потенциал среды - eH и pH . При низких значениях eH (-200...-300 мВ) в анаэробных условиях наибо-

лее устойчивая форма азота – аммонийные соединения. При аэрации eH смещается до более высоких положительных значений (протекают реакции нитрификации). Нитраты устойчивы только в средах с достаточно высокими величинами eH – в аэробных средах. Процесс денитрификации возможен в малоокислородных аноксидных условиях.

Глубоко восстановленная среда анаэробно обработанного стока из септика способствует протеканию процессов денитрификации в первой ступени аэробного биореактора при слиянии двух потоков: потока исходной сточной жидкости из септика (q_i) и потока возвратного активного ила ($q_{\text{ВАИ}}$) из вторичного отстойника. Величина соотношения $q_{\text{ВАИ}}/q_i$ может меняться от 1 до 3.

Даже при наличии барботажа жидкости в денитрификаторе воздухом, исключая заиливание отсека, внесение кислорода с воздухом и с рециркулирующей жидкостью не может компенсировать потребность в кислороде восстановленных соединений сточной воды (создаются аноксидные условия). В денитрификаторе концентрация растворенного кислорода должна быть 1 – 2 мг/л, в нитрификаторе 3 – 4 мг/л.

В денитрификаторе основной источник кислорода – нитраты потока активного ила и очищенных сточных вод. Подаваемый в отсек воздух является средством создания массообмена между жидкостью и биоценозом прикрепленных микроорганизмов. В нитрификаторе воздух системы аэрации – источник кислорода и средство массообмена.

В ходе исследований в первую ступень аэробного биореактора (денитрификатор), имеющую объем 112 л, подавали расход 400 л/ч (100 л/ч стока из септика и 300 л/ч возвратного активного ила, т. е. соотношение расходов $q_{\text{ВАИ}}/q_i$ принято 3:1).

В результате разбавления происходило снижение концентраций всего потока по БПК_{полн}, азоту аммонийному и азоту нитратов.

В результате жизнедеятельности биомасса прикрепленного гетеротрофного биоценоза денитрификатора УМП обеспечивала снижение концентрации органических загрязнений с удельной скоростью окисления около 40 мг БПК_{полн}/(г×ч) при удельной скорости денитрификации 6 мг $[N - NO_3^-]/(г×ч)$ [2]. Свободноплавающий активный ил также участвует в процессе окисления органики, но в меньшей степени.

В аноксидных условиях денитрификатора удельная скорость окисления органических веществ сточных вод после септика ниже, чем для стоков, не обработанных анаэробно [1].

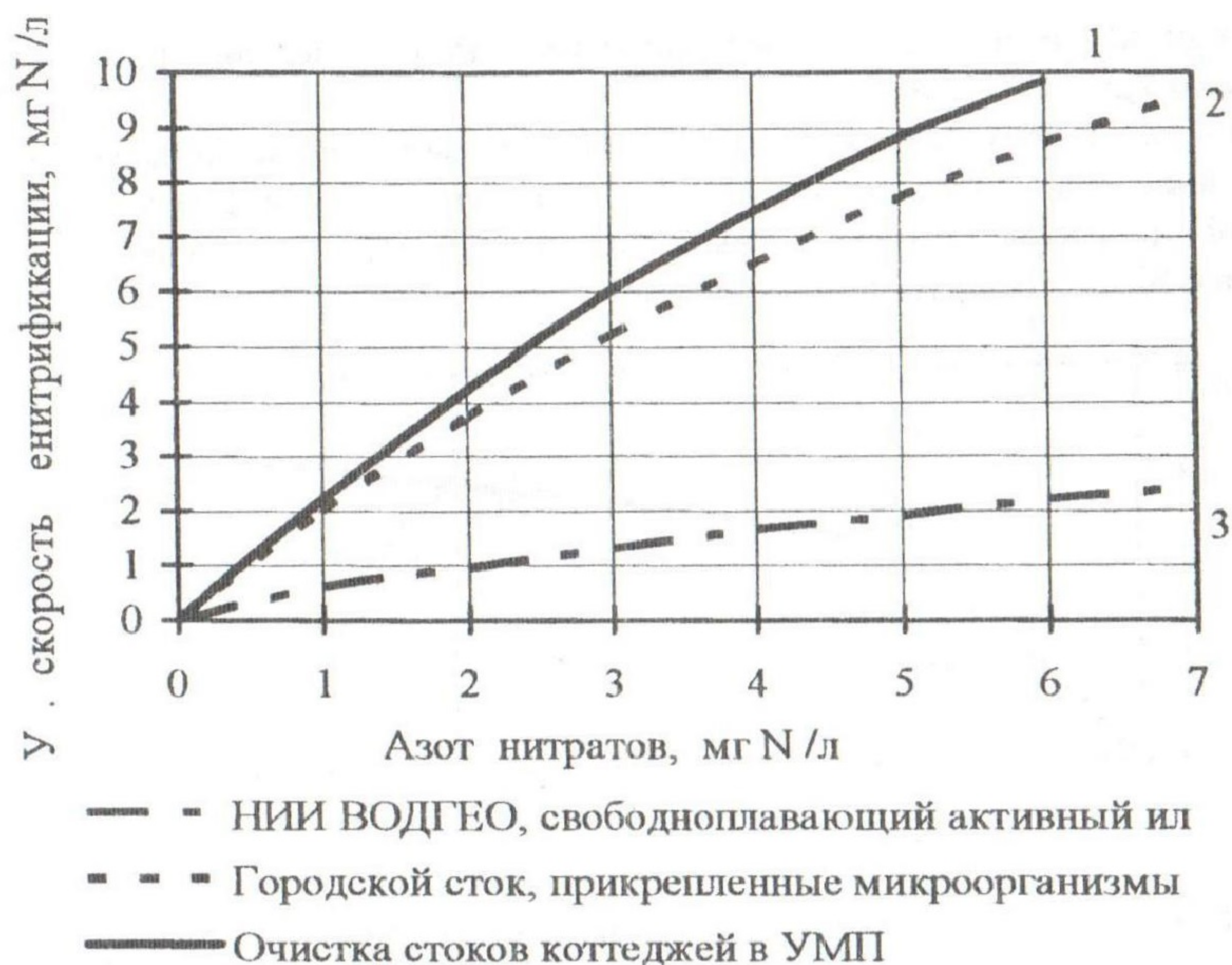


Рис. 1 Кинетика денитрификации

На рис. 1 приведена кинетическая зависимость удельной скорости денитрификации сточных вод в УМП прикрепленным на ершах биоценозом при различной величине нитратов, поддерживаемой в биореакторе добавлением субстрата и нитратов (кривая 1). Для сравнения приведены кинетические кривые для стоков без предварительной анаэробной обработки в септиках (процесс денитрификации менее интенсивный). Для городских стоков г. Сочи (кривая 2) – денитрификация с участием прикрепленных и свободноплавающих микроорганизмов [1]. Для стоков г. Астаны (кривая 3) – денитрификация с участием только свободноплавающего активного ила [1].

Специальный по составу биоценоз прикрепленных микроорганизмов осуществляет процесс денитрификации с удельной скоростью, в 4 раза превышающей скорость денитрификации свободноплавающим активным илом. При этом предварительная анаэробная очистка стоков (УМП) интенсифицирует процесс денитрификации.

В ходе исследований определено влияние соотношения величин $BPK_{полн}$ сточных вод к концентрации нитратов на удельную скорость снижения концентрации нитратов (рис. 2). Нижний предел соотношения $BPK_{полн}$ стоков к концентрации нитратов – 2,5:1, верхний – 10:1. При изменении соотношения в сторону роста соотношения

увеличилась и скорость денитрификации, но это увеличение не превышало 1,5... 1,7 раза.

После денитрификации сточная вода подавалась во вторую ступень аэробного биореактора (нитрификатор), объемом 110 л с величиной биомассы прикрепленных микроорганизмов-нитрификаторов около 600 г по беззольному веществу.

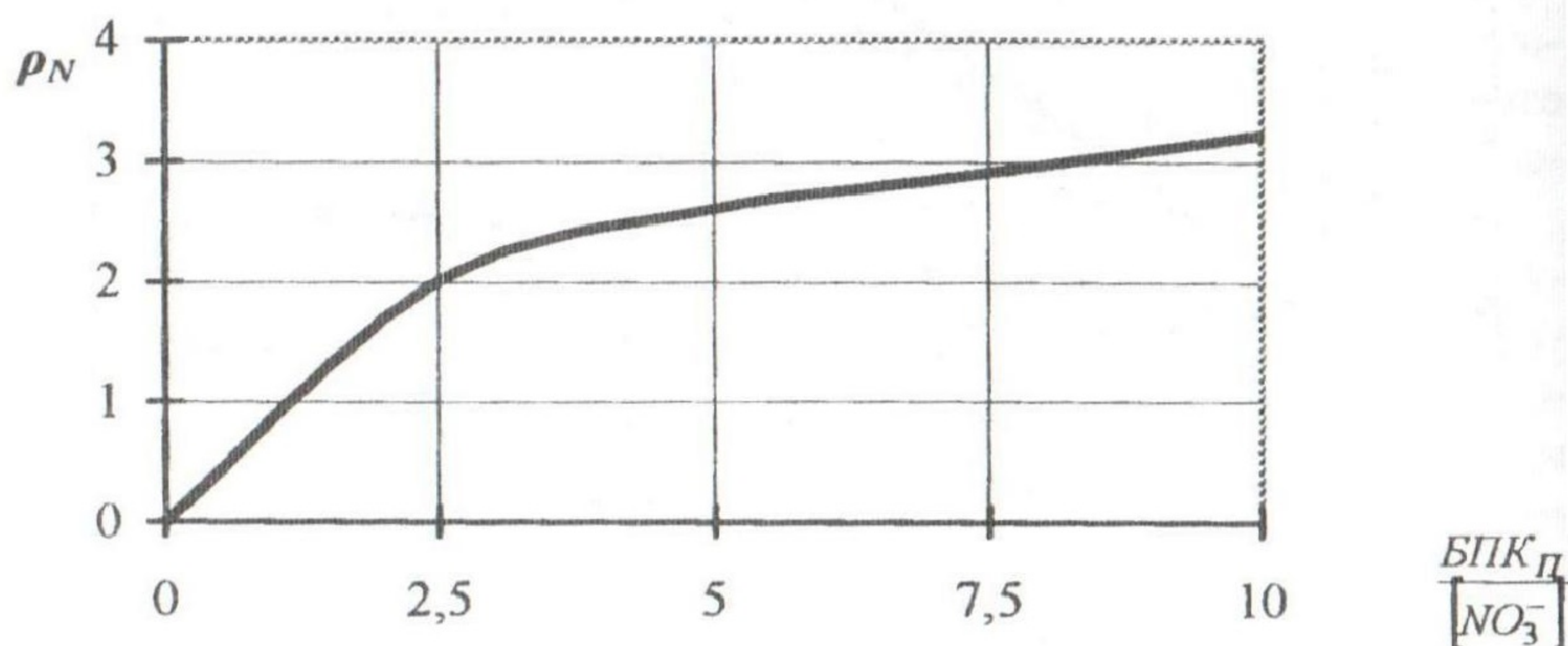


Рис. 2. Влияние соотношения величин $\frac{БПК_{полн}}{[NO_3^-]}$ на удельную скорость снижения концентрации нитратов свободноплавающим активным илом

С учетом биоценоза свободноплавающего активного ила не менее 100 г по беззольному веществу, во втором отсеке работало примерно 0,7 кг биомассы аэробных микроорганизмов по беззольному веществу. За 15... 16 минут пребывания иловой смеси во втором отсеке снижение азота аммонийного произошло с 8 до 1 мг/л. Фактически за 1 ч поступило со стоками 3200 мг азота аммонийного, а ушло с осветленной, биологически очищенной сточной жидкостью не более 100 мг. Если не учитывать работу денитрификаторов, удерживаемых в первой ступени ершовой насадкой, то в процессе окисления азота аммонийного принимал участие свободноплавающий активный ил (около 300 г) и прикрепленный биоценоз (600 г) по беззольному веществу. Весь этот биоценоз окислил и использовал на прирост биомассы 3300 мг $[NH_4^+]$ /ч.

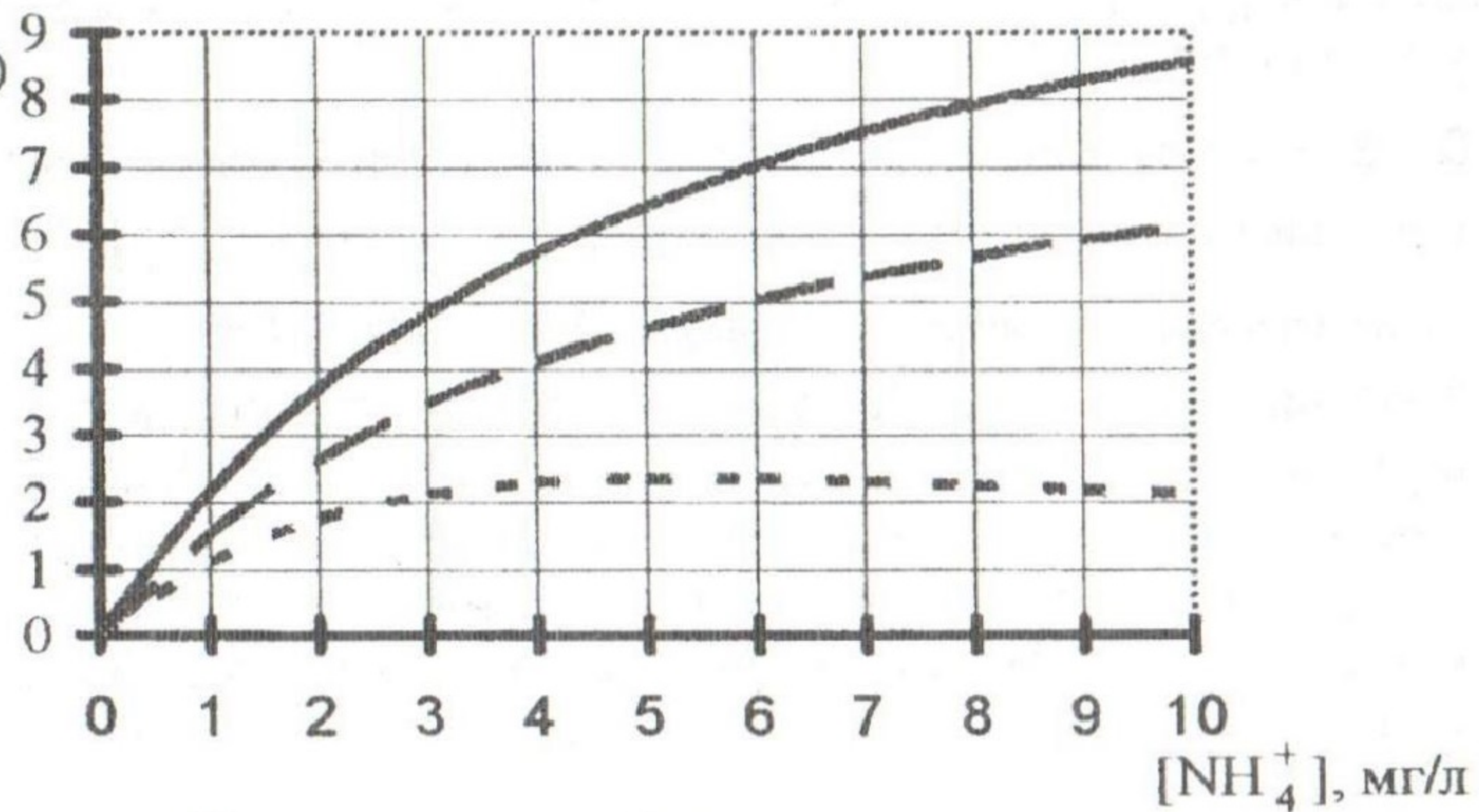
Таким образом, можно считать, что удельная скорость утилизации азота аммонийного составила 3,66 мг $[NH_4^+]$ /(г×ч) при концентрации азота аммонийного, в среднем, не более 3 мг/л (если учесть, что процесс утилизации протекает в первой и второй ступенях УМП).

С использованием ершей-свидетелей были построены кинетические кривые окисления азота аммонийного (рис.3). При этом удель-

ная скорость окисления органических веществ составила 18...20 мг/(г×ч).

$\rho_{уд} [NH_4^+]$,

мг[NH_4^+]/(г×ч)



— — — — — Прикрепленный биоценоз

— — — — — Активный ил второй иловой системы

- - - - - Активный ил городских ОС

Рис. 3. Кинетическая зависимость удаления азота аммонийного биоценозом прикреплённого и свободноплавающего ила

Интересные изменения происходили в составе биоценозов, прикрепленных на ершовой насадке в первой и второй ступенях биореактора. Содержание фосфора в сухом веществе биоценоза первой ступени в 1,5... 2,0 раза выше, чем во второй и в свободноплавающем активном иле, и составило 3,5... 4,5 % от веса сухого вещества.

В двух ступенях биореактора потребление фосфора на прирост биомассы микроорганизмов, создание ферментных систем составило до 50 % от поступающей массы фосфора.

Осветленная во вторичном отстойнике сточная жидкость разделялась на два потока, один из которых (рециркуляционный) отводился в первую ступень на разбавление анаэробно обработанной в септике исходной сточной жидкости, а второй — в третью ступень аэробной биологической очистки (биореактор доочистки), где обеспечивалось доведение качества очищенных сточных вод до показателей: БПК_{полн} и взвешенные вещества — 3...5 мг/л; азот аммонийный — 0,2...0,3 мг/л; нитриты — 0,02 мг [NO₂⁻]/л; СПАВ и жиры отсутствуют, содержание фосфора снижается на 50 %.

Выводы

1. Первая ступень аэробного биореактора обеспечивает денитрификацию сточной жидкости со скоростями снижения БПК_{полн} около 40 мг БПК_{полн}/(г×ч) и удельной скоростью денитрификации около 6 мг [N - NO₃⁻]/(г×ч).
2. Вторая ступень аэробного биореактора осуществляет нитрификацию азота аммонийного до уровня 3...4 мг [NH₄⁺]/л при удельной скорости нитрификации не менее 3 мг [NH₄⁺]/(г×ч).
3. Решающую роль в процессах очистки сточных вод в первых двух ступенях УМП играет не биоценоз свободноплавающего активного ила, а биомасса прикрепленных на ершах микроорганизмов.
4. Третья ступень аэробного биореактора обеспечивает стабильность качества доочищенной сточной жидкости и соответствие требованиям качества вод, сбрасываемых в рыбохозяйственный водоем.

1. Куликов Н. И., Куликов Д. Н., Куликова Е. Н., Приходько Л. Н., Сорокина Н. В., Деревянко М. С. Использование модифицированной трехиловой системы биологической очистки сточных вод с тонкослойными пульсационными илоотделителями на очистных станциях различной производительности // Новые технологии и оборудование в водоснабжении и водоотведении. Сборник материалов/ РАВВ; НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды; Водкоммунтех. – М.: ФГУП «ВИМИ», 2005. Вып. 5. С. 144–150.

2. Эпоян С. М., Сорокина Н. В. Определение значений параметров работы денитрифицирующей стадии аэробной биологической очистки сточной жидкости в установке малой производительности // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДГУБА, ХОТВ АБУ. – 2005. – Вип. 30. Т.1. – С. 203 – 206.