



УКРАЇНА

(19) UA (11) 11138 (13) C1

(51) C 02 F 3/30

ДЕРЖАВНЕ  
ПАТЕНТНЕ  
ВІДОМСТВО

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ТА УСТАНОВКА ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

(20) 94321702, 31.03.93

(21) 4931898/SU

(22) 19.03.91

(24) 25.12.96

(46) 25.12.96. Бюл. № 4

(56) 1. Авторское свидетельство СССР 994436, кл. С 02 F 3/02, 1985.

2. Власова В.И., Петряев Е.П., Уодова Н.Н. Физико-химическая очистка хозяйственно-бытовых сточных вод с целью подготовки воды для технического водоснабжения. — Сб. Химическая промышленность и промышленность по производству минеральных удобрений. Сер. "Охрана окружающей среды", вып. 2, М., 1990, с. 4-6.

(72) Семененко Іван Васильович, Зінченко Марія Георгіївна, Дрожина Данія Нурівна, Циганков Сергій Петрович, Якушко Сергій Іванович, Карпенко Надія Петрівна

(73) Харківський державний політехнічний університет (UA)

(57) 1. Способ очистки сточных вод, включающий коагуляцию, отстаивание, аэрацию, фильтрацию и отдувку аммиака, отличающийся тем, что коагуляцию осуществляют путем электрокоагуляции с использованием железных электродов, аэрацию осуществляют струйной аэрацией после отдувки аммиака в две стадии, на первой из которых поверхность контакта воздуха с очищаемой водой создают посредством ило-водяной смеси, распределение которой по рабочему объему поддерживают рециркуляцией, при этом используют для пеногашения воздух, направляемый на отдувку аммиака, на второй стадии указанную поверхность создают введением в поток очищаемой воды насадку и формирование на ее поверхности биоплен-

2

ки, причем скорости потоков воздуха и воды и количество насадки подбирают таким образом, чтобы скорости образования и самоокисления биопленки были равны, и после аэрации воду пропускают в анаэробных условиях через насадку с биопленкой, причем в качестве углеродсодержащего субстрата используют частично очищенную воду.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что поток подлежащей фильтрации воды в момент забивания пор фильтрационных каналов направляют перпендикулярно направлению фильтрации.

3. Установка для очистки сточных вод, содержащая коагулятор отстойник, фильтр, колонну для отдувки аммиака и сборник шламов, отличающаяся тем, что она снабжена соединенным последовательно с колонной отдувки аммиака устройством аэробно-анаэробной обработки, выполненный в виде ряда последовательно соединенных реакторов со встроенными струйными аэраторами, первый из которых сообщен с колонной отдувки аммиака и снабжен системой рециркуляции, остальные выполнены с насадкой для биопленки, а последний реактор соединен с выходом из колонны отдувки аммиака.

4. Установка по п.3, отличающаяся тем, что фильтр, установленный в верхней части колонны отдувки аммиака, выполнен в виде горизонтально расположенных трубок с пористыми стенками, поры которых обращены в сторону слива в колонну, а торцы трубок соединены с одной стороны с коагулятором, а с другой стороны — со сборником шлама.

(19) UA (11) 11138 (13) C1

Заявляемое техническое решение относится к физико-химической и биологической очистке хозяйственно-бытовых и сельскохозяйственных сточных вод с целью их использования для технического водоснабжения.

Известен способ очистки сточных вод (1) свиноводческих комплексов, включающий первичное отстаивание, двухступенчатую обработку в аэротенках с промежуточным вторичным отстаиванием и с последующей флотацией. Способ осуществим только в открытых резервуарах, занимающих большую территорию и являющихся источником дурного запаха. Кроме того, процесс очистки в открытых резервуарах зависит от сезонных и климатических колебаний. Продолжительность процесса, из-за ограниченной площади поверхности контакта очищаемой воды с воздухом, довольно велика и составляет несколько суток.

Наиболее близким к заявляемому является способ очистки сточных вод, включающий коагуляцию, отстаивание, аэрацию, фильтрацию и отдувку аммиака (2). В этом случае коагуляцию осуществляют 10%-ным раствором известкового молока до создания рН 11,5–11,7. Отстаивание, необходимое для выпадения и отделения известкового осадка, длится 1,5–2 часа. Необходимость приготовления раствора известкового молока определенной концентрации, необходимость доставки реагентов и проблемы их складирования обуславливают неудобство и сложность способа-прототипа. Аэрацию, с целью отдувки аммиака, осуществляют путем пропускания через очищаемую воду, нагреваемую при этом до 90°, потока соответствующего количества воздуха. После отдувки необходима операция рекарбонизации для удаления введенного при известковании кальция путем его осаждения углекислым газом и нейтрализации его гидроокиси. Операция рекарбонизации не обеспечивает полной очистки и, вместе с тем, удлиняет и усложняет этот процесс. Наличие остаточных примесей предопределяет следующую операцию очистки – фильтрацию. В качестве фильтрационного материала в данном случае выбраны керамзит и антрацит. Фильтрационные каналы, образуемые указанными материалами, с одной стороны, не обеспечивают высокой степени отделения остаточных примесей от воды, а, с другой, являются причиной большой продолжительности фильтрования: от 12 до 24 часов. Кроме того, периодическое забивание указанных каналов обуславливает необходимость периодической водовоздушной промывки, для осуществления

которой процесс очистки приходится периодически прерывать.

Из (2) известна установка для осуществления этого способа. Установка содержит последовательно соединенные коагулятор, первый отстойник, колонну для отдувки аммиака, узел рекарбонизации, выполненный в виде двух сатураторов и второго отстойника между ними для удаления карбоната кальция, а также фильтр в виде металлической колонны, заполненной антрацитом и керамзитом и снабженной насосом для водовоздушной промывки фильтра.

Последовательно с фильтром соединен узел радиационного обезвреживания, содержащий источник ионизирующего излучения, в частности, ускоритель электронов типа ИЛУ или ЭЛВ. Для каждой установки очистки сточных вод указанного типа требуется ускоритель мощностью 20 кВт. Специфичность указанного ионизирующего источника и опасность его для здоровья людей сильно ограничивает возможности применения указанных способа и установки. Кроме того, конструкция фильтра не позволяет сократить продолжительность фильтрации и не обеспечивает достаточно высокую степень очистки сточной воды, что наряду с отстойниками, в которых вода должна находиться длительное время и которые тоже не обеспечивают полноты ее очистки, колонной для отдувки аммиака, которая потребует весь воздух, расходуемый на установку, и сатураторами для рекарбонизации, потребляющими дополнительно поставляемый углекислый газ и требующими дополнительно времени и затрат энергии – в совокупности не позволяют обеспечить высокую производительность и рационально использовать воздух, а также повысить степень очистки воды.

Целью изобретения является повышение степени очистки воды и использования воздуха.

Поставленная цель достигается тем, что в способе очистки сточных вод, включающем коагуляцию, отстаивание, аэрацию, фильтрацию и отдувку аммиака, согласно заявляемому техническому решению, коагуляцию осуществляют путем электрокоагуляции с использованием железных электродов, аэрацию осуществляют струйной аэрацией после отдувки аммиака в две стадии, на первой из которых поверхность контакта воздуха с очищаемой водой создают посредством ило-водяной смеси, распределение которой по рабочему объему поддерживают рециркуляцией, и при этом используют для пеногашения воздух, направляемый на отдувку аммиака, а на второй стадии указанную по-

верхность создают введением в поток очищаемой воды насадки и формированием на ее поверхности биопленки, причем скорости потоков воздуха и воды и количество насадки подбирают таким образом, чтобы скорости образования и самоокисления биопленки были равны, и после аэрации воду пропускают в анаэробных условиях через насадку с биопленкой, причем в качестве углеродсодержащего субстрата используют частично очищенную воду.

Кроме того, указанная цель достигается тем, что поток подлежащей фильтрации воды в момент забивания пор фильтрационных каналов направляют перпендикулярно направлению фильтрации.

Благодаря активации роста культуры бактерий — как автотрофов, обеспечивающих интенсификацию процессов нитрификации аммонийного азота, так и гетеротрофов, способствующих денитрификации и окислению углеродсодержащих веществ — введением в очищаемую воду в качестве активатора ионов железа интенсифицируются процессы на всех стадиях аэробно-анаэробной очистки.

На первой стадии струйной обработки аэрацией интенсифицируется образование активного ила, который вследствие перемешивания путем рециркуляции и струйной аэрации образует на указанной стадии иловодяную смесь, распределяемую рециркуляционным потоком по всему объему этой зоны и обеспечивающую поэтому ускоренную очистку воды.

На второй стадии очистки воды струйной аэрацией благодаря введению в поток очищаемой воды насадки и, тем самым, созданию в нем развитой поверхности в сочетании с введением ионов железа созданы благоприятные условия для образования на ней биопленки, которая обеспечивает окисление остатков органических загрязнений и полную нитрификацию аммонийного азота, причем скорость процесса и, следовательно, степень очистки воды определяется толщиной биопленки, поскольку от нее зависит количество проникающего в биопленку кислорода. Толщина биопленки определяется скоростью ее роста и скоростью самоокисления, которые в процессе очистки поддерживаются равными и определяются количеством и удельной поверхностью насадки и скоростями потока очищаемой воды и аэрационного воздуха, а также степенью начальной загрязненности воды.

Нитрифицированный аммонийный азот, содержащийся в воде после струйной аэрации, денитрифицируют известным приемом анаэробной обработки в присутствии угле-

родсодержащих веществ. Новым является использование в качестве указанных веществ частично очищенной отдувкой аммиака воды. Благодаря этому обеспечивается дополнительная очистка без дополнительных реагентов и, следовательно, повышение степени очистки воды более простым, чем прототип, способом.

На стадии фильтрации изменение направления потока очищаемой воды при забивании фильтрационных пор с продольного относительно каналов пор на поперечное обеспечивает как механический смыв налипших на стенки фильтра остатков загрязнений, так и всасывание остатков жидкости из пор в поток очищаемой воды и, следовательно, автоматическое удаление из них загрязнений. Благодаря этому операция фильтрации, по сравнению с прототипом, не требует ни специального времени, ни специальных мер для очистки или замены фильтра и поэтому обеспечивает дополнительно упрощение всего процесса очистки воды в целом.

Предлагаемый способ может быть осуществлен в установке, которая содержит коагулятор, отстойник, фильтр, колонку для отдувки аммиака и сборник шлама и которая, согласно заявляемому техническому решению, дополнительно снабжена соединенным последовательно с колонной отдувки аммиака узлом аэробно-анаэробной обработки, выполненным в виде ряда последовательно соединенных реакторов со встроенными струйными аэраторами, первый из которых сообщен с колонной отдувки аммиака и снабжен системой рециркуляции, а остальные выполнены с развитой поверхностью в виде насадки для биопленки, причем последний реактор соединен с выходом из колонны отдувки аммиака.

Кроме того, в предлагаемой установке, согласно заявляемому техническому решению, фильтр, установленный в верхней части колонны отдувки аммиака, выполнен в виде горизонтально расположенных трубок с пористыми стенками, поры которых обращены в сторону слива в колонну, а торцы трубок соединены с одной стороны с коагулятором, а с другой стороны — со сборником шлама.

Описанная установка позволяет сочетать в очистке хозяйственно-бытовых и сельскохозяйственных сточных вод электрокоагуляцию при использовании железных электродов со струйной аэрацией в условиях развитой поверхности контакта аэрационного воздуха с очищаемой водой при использовании струи воздуха, направляемого на отдувку аммиака, для пеногаше-

ния и автоматическую самоочистку во время фильтрации фильтрационных каналов, что повышает степень очистки воды и степень используемости воздуха. Достижение этой цели обеспечивается созданием благоприятных условий роста культуры бактерий соответственно свойствам, присущим предлагаемому способу.

Повышение степени очистки воды обусловлено тем, что обеспечена автоматическая очистка фильтра в процессе работы установки, благодаря чему стабилизирован процесс очистки воды в целом. Кроме того, процесс очистки воды стабилизирован дополнительно непрерывным разрушением пены из первого струйного аэратора, что обусловлено тем, что он сообщен с колонной отдувки аммиака, а также последовательным размещением реакторов аэробно-анаэробной обработки по ходу потока очищаемой воды после электрокоагулятора и, тем самым, обеспечением возможности непрерывного введения в зоны аэрации активатора, образующегося в результате электрокоагуляции, — ионов железа, и большой поверхности контакта очищаемой воды с аэрационным воздухом, для чего на первой стадии струйной аэрации система рециркуляции непрерывно обеспечивает перемешивание ило-водяной смеси и, тем самым, распределение ее по всему объему рабочего пространства, насадка реакторов второй стадии обеспечивает при включенной системе аэрации аэробные условия обработки воды, а насадка реактора послеаэрационной обработки в отсутствие аэрации и при введении углеродсодержащей воды создает анаэробные условия очистки воды, что обеспечивается отличительными признаками, характеризующими расположение реакторов с аэраторами, их тип и форму выполнения, а также выполнение и расположение фильтра.

В известных источниках информации такие признаки не обнаружены.

Способ осуществляют следующим образом. Подлежащую очистке воду подают в зону электрокоагуляции, где под действием электрического тока и при использовании электродов из железа происходит переход последнего в водный раствор в виде катионов гидроокиси железа. Часть этих катионов обеспечивает коагуляцию взвешенных веществ. Другая часть гидроокиси железа попадает в последующие зоны очистки. После коагуляции следует отстаивание и флотация. После флотации очищаемую воду фильтруют, а затем подвергают отдувке аммиака. После отдувки аммиака воду аэрируют путем струйной аэрации, для чего сначала ее

направляют в первую зону струйной аэрации, где происходит образование ило-водяной смеси. Часть этой смеси, с целью ее непрерывного распределения по всему объему рабочего пространства первой зоны, рециркулируют, а образовавшуюся пену удаляют с поверхности воды струей воздуха, направляемого на отдувку аммиака. Затем очищаемую воду направляют во вторую зону аэробной обработки, где в нее вводят насадку в таком количестве, что при заданных значениях скоростей потока воды и аэрационного воздуха скорость образования биопленки на поверхности насадки и скорость ее самоокисления равны. Непрерывно осуществляют струйную аэрацию.

После струйной аэрации очищаемую воду пропускают через насадку с биопленкой в анаэробных условиях, и на этой стадии вводят в зону очистки воду, очищенную лишь частично после отдувки аммиака.

Описанный способ осуществляют с помощью установки, представленной ниже графически.

Фиг.1 — технологическая схема установки для осуществления заявляемого способа.

Фиг.2 — узел соединения первого реактора с колонной отдувки аммиака.

Установка содержит электрокоагулятор 1, пеносборник 2, тонкослойный отстойник 3, электрофлотатор 4, объединенные в одном общем корпусе 5 и снабженные сливными вентилями, соответственно, 6,7 и 8 со сливной линией 9 и линией 10 подачи очищаемой воды насосом 11 на вход фильтра 12, снабженного с противоположного входу торца чувствительным к давлению клапаном (на схеме не показан), приводящим в действие вентиль 13, открывающийся в слив 14. Фильтр 12, представляющий собой пакет трубчатых ультрафильтров, установлен в верхней части колонны 14 и снабжен сливом 15. В своей нижней части колонна 14 снабжена патрубком 16, подключающим к колонне вентилятор 17, причем эта нижняя часть колонны сообщена с реактором 18 (I), который конструктивно размещен под колонной, служит ей основанием и соединен с нею патрубками 19 и 20, из которых 19 служит стыком колонны и реактора, а также снабжен струйным аэратором 21 и системой рециркуляции в виде трубопровода 22 с насосом 23. Реактор 18 соединен патрубком 24 с отстойником 25, который имеет слив 26 и соединен с реактором 28 со струйным аэратором 29 и системой рециркуляции 30 с компрессором 31. Реактор 28 (II) содержит насадку 32. К реактору 28 последовательно подключены идентичные ему реакторы 33

(III) и 34 (IV), снабженные идентичными системами рециркуляции 35 и 36 с насосами 37 и 38, соответственно. Реактор 34 посредством трубы 39 соединен с отстойником 40, имеющим слив 41 донной части и отводной трубопровод 42, снабженный насосом 43, предназначенным для подключения к системе потребления. Сливные линии 9, 13, 26 и 41 подключены к сборнику шлама 44, снабженному линией рециркуляции 45 с насосом 46. Выход колонны 14 соединен с реактором 34 трубопроводом 47.

Установка работает следующим образом.

Очищаемую воду непрерывно подают в электрокоагулятор 1 корпуса 5. Вода, отделенная здесь в результате электрокоагуляции от осадка, попадает в тонкослойный отстойник 3, где разделяется на осветленную воду, осадок и пену. Пена улавливается пеносборником 2, а вода подвергается затем электрофлотации во флотаторе 4, откуда осветленную воду насос 11 подает в фильтр 12. При работе в режиме фильтрации вентиль 13 закрыт, очищаемая вода проходит сквозь стенки трубчатых фильтров через фильтрационные каналы, задерживающие твердые частицы, и попадает в слив 15. При забивании фильтрационных каналов давление внутри фильтра повышается, в результате этого срабатывает клапан, чувствительный к давлению и открывающий вентиль 13. В результате этого весь поток очищаемой жидкости свободно проходит через фильтр по касательной к устьям фильтрационных каналов в слив 13 и в шламоборник 44. При этом частицы, забившие фильтрационные каналы, уносятся потоком этой жидкости, каналы освобождаются, давление в фильтре падает, запорный клапан закрывает вентиль 13, цикл фильтрации повторяется и т.д. Слив 15 направляет отфильтрованную воду в колонну 14 отдувки аммиака, снабженную плоскоструйной насадкой, для противоточной отдувки аммиака из воды, стекающей по насадке из верхней части колонны в нижнюю. Патрубок 20 осуществляет подачу воды из колонны 14 в реактор 18, куда насос 23 подает под отбойный зонт аэратора 21 по трубе 22 воздух, который в виде массы пузырьков всплывает на поверхность и служит причиной образования пены. Пену, которая при этом поднимается по патрубку 19, удаляют струей воздуха, нагнетаемого вентилятором 17 в нижнюю часть колонны 14 тангенциально. Здесь воздух, нагнетаемый вентилятором 17, смешивается с воздухом, подаваемым аэратором 21, и поднимается по колонне 14 вверх вдоль поверхности ее

насадки. Вода, содержащая активный ил, образующийся в реакторе 18, поступает в отстойник 25, который отделяет воду от активного ила. Патрубок 27 подает воду самотеком в реактор 28 под отбойный зонт аэратора 29, куда насос 31 по трубопроводу 30 нагнетает воздух, который в виде массы пузырьков всплывает вдоль поверхности насадки 32 сверху. Аналогично работает реактор 33 (III). Из реактора 33 вода поступает в реактор 34 (IV), и туда же трубопроводом 47 подают часть воды от выхода колонны 14. Образующийся в результате этого поток воды поднимается в реакторе 34 – при отключенной циркуляционной системе 36, 38 – вдоль поверхности насадки, покрытой биопленкой, и покидает реактор 34 через патрубок 39. Последний направляет очищенную воду в отстойник 40, откуда насос 43 подает ее по трубопроводу 42 в систему потребления, например, в систему навозоудаления фермы или для нужд коммунального хозяйства. Осадок удаляют через слив 41 в сборник шлама 44, куда поступают все остальные сливы и осадки через вентили 6, 7, 8, 9, 14 и 26.

В зависимости от природы загрязнений и степени загрязненности воды могут быть задействованы все струйные аэраторы либо только часть их.

Из сборника шлама 44 его содержимое периодически выгружается насосом 45 и поступает на дальнейшую переработку, например, в органические удобрения.

Ниже приведены примеры конкретного осуществления заявляемого способа.

**Пример 1.** Подвергают очистке животноводческие стоки с исходным содержанием взвешенных веществ 40000 мг/л, ХПК 50000 мг/л, БПК – 20000 мг/л.

После коагуляции, отстаивания флотации, фильтрации и отдувки аммиака содержание общего азота составило 2000 мг/л, БПК 3500 мг/л. Насадка – дренажные пластиковые трубки диаметром 20 мм.

При потоке сточной воды 1,25 м<sup>3</sup>/ч (или 30 м<sup>3</sup>/сутки) расход воздуха составил 10,0 кг/ч при поверхности насадки 2200 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> в реакторе II и 314 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> в реакторах III и IV, причем анаэробным в этом случае является реактор IV.

Вода на выходе установки содержит взвешенных веществ 100 мг/л, ХПК 50 мг/л, БПК 25 мг/л, общего азота 0–1 мг/л.

Аналогично примеру 1 заявляемая установка была использована для очистки сточных вод коммунальных и животноводческих хозяйств в разных режимах работы, и результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Как видно из таблицы 1, степень очистки, по сравнению с прототипом, повышена по таким показателям как ХПК, БПК, а по содержанию азота доведена до 100%.

Кроме того, расширены пределы начальных концентраций загрязнений как в хозяйственно-бытовых (коммунальных), так и животноводческих вод.

Данные таблицы 2 показывают, что оптимальное для заданных величин расхода воздуха и производительности установки значение удельной поверхности насадки обеспечивает, в отличие от прототипа, полное удаление азота из сточных вод. Возможность осуществления всего процесса очистки в предлагаемом устройстве без дополнительного введения реактивов способствует упрощению способа очистки сточных вод.

Таблица 1

Сопоставительные данные об эффективности очистки

Компоненты	Прототип			Заявляемый способ		
	Исходное содержание, мг/л	Конечное содержание, мг/л	Степень очистки, %	Исходное содержание, мг/л	Конечное содержание, мг/л	Степень очистки, %
Взвешенные вещества	982*	3	99,7	800*	5*	99,75*
	40000**			40000**	100**	99,4**
ХПК	264* +	28* +	85 +	1000*	10	99,8*
	395	37	90	50000**	50	98,9**
БПК	207	5,5	96	2000*	10	99,8*
				20000*	25	99,5*
Общий азот	24,0* +	0,45* +	98,1* +	400*	0	100*
	68,0	1,25	98,3	4000**	1	99,9**

\*коммунальные стоки

\*\*животноводческие стоки

Таблица 2

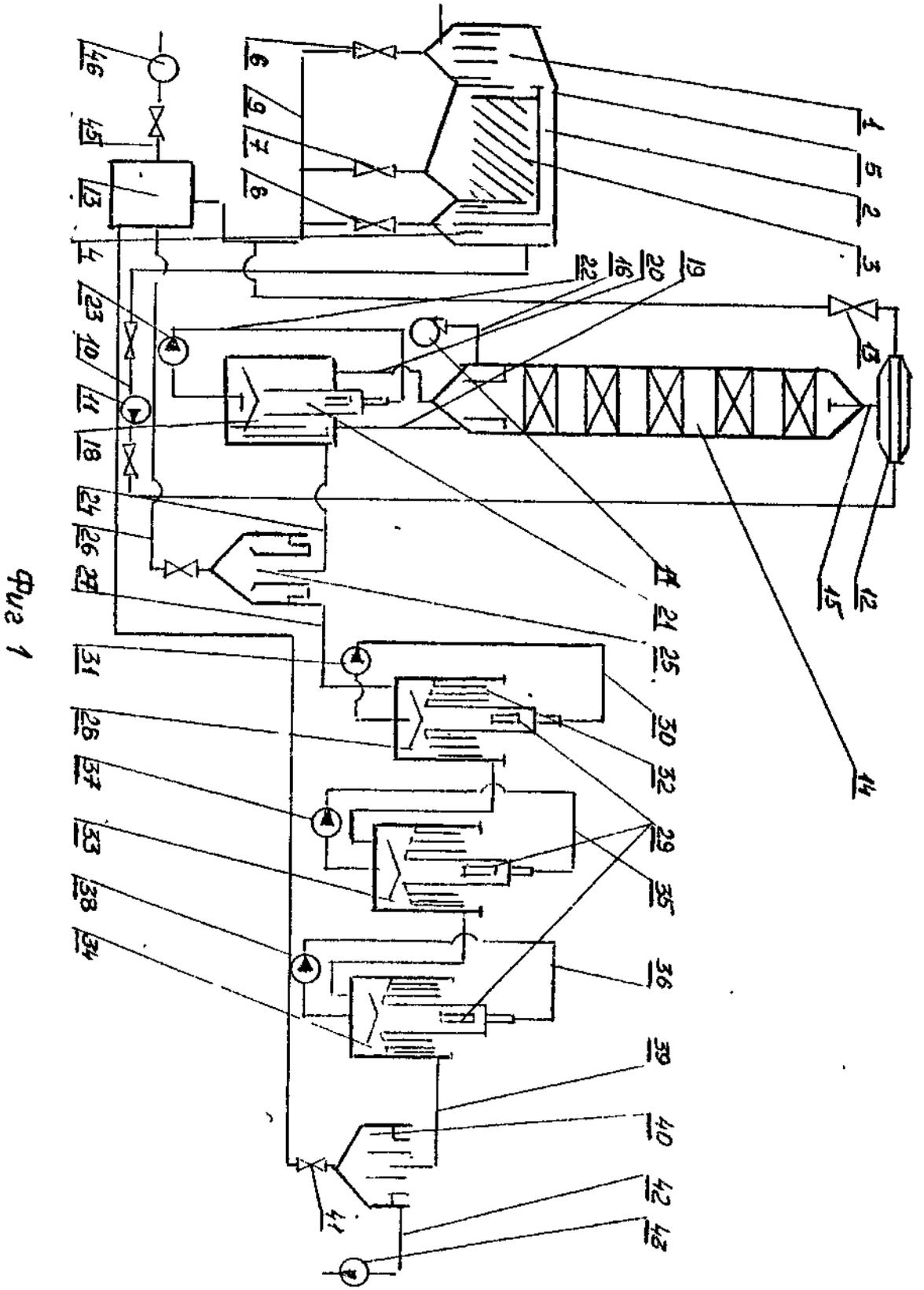
Характеристика процессов нитрификации и денитрификации

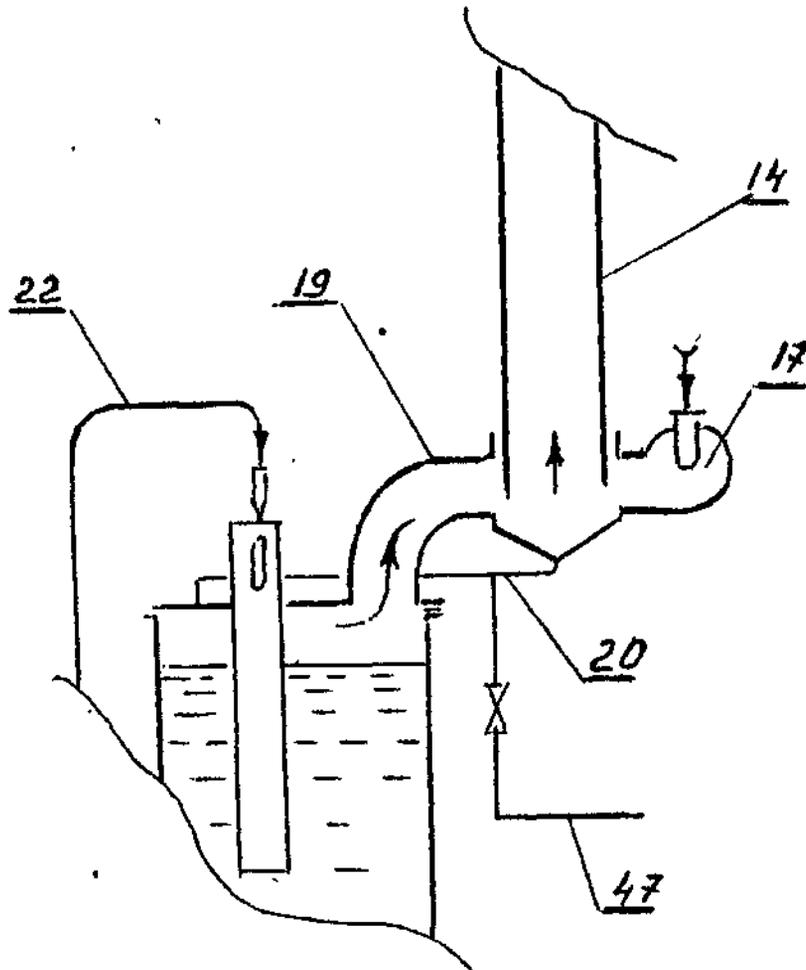
Содержание азота, мг/л	Расход воздуха, кг/ч	Поверхность насадки, м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>			Кол-во реакторов	Расход углерода содержащей воды, м <sup>3</sup> /ч	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Содержание загрязнений после очистки, мг/л
		II	III	IV				
Животноводческие сточные воды								
2000	10,0	2200	314	314	4	0,21	1,25**	отс.
2000	10,0	2000	250	250	4	0,21	1,25	200*
Коммунальные сточные воды***								
200	1,5	-	62,46	-	3	0,021	1,25	отс.
200	1,5	-	56,5	-	3	0,021	1,25	20*

\*остаточный азот

\*\* соответствует 30 м<sup>3</sup>/сутки

\*\*\*при отключенном реакторе IV роль анаэробного выполняет реактор III. В этом случае его аэратор отключен





Фиг. 2

Упорядник

Техред М.Моргентал

Коректор

М. Керецмай

Замовлення 4049

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,  
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл., 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул.Гагаріна, 101