

Изобретение относится к обработке сточных вод и их осадков микроорганизмами и может быть использовано при биологической очистке городских и промышленных сточных вод от органических примесей, соединений азота и для стабилизации осадков.

Наиболее близким по технической сущности является способ, заключающийся в аэрации смеси сточной жидкости и свободноплавающего, рециркулирующего из вторичных отстойников активного ила, направление осадков (избыточного активного ила и сырого осадка) на аэробную стабилизацию, отделение от стабилизированного осадка иловой воды и подачу ее в аэротенки, а уплотненного осадка на обезвоживание [1].

Однако для осуществления этого способа требуются большие емкости сооружений для биологической очистки значительный расход воздуха на аэрацию, невысокая степень распада беззольного вещества осадков при стабилизации в аэробных минерализаторах.

Задачей данного изобретения является сокращение объемов аэробных биореакторов и расходования воздуха на очистку единицы объема неравномерно поступающих сточных вод, увеличение степени распада беззольного вещества осадка.

Решается поставленная задача разделением потока на два следующим образом: один из образованных потоков, не превышающий по величине среднечасовой расход сточных вод, направляется на первую ступень многоступенчатого аэробного биореактора, работающую на сообществе свободноплавающих и прикрепленных микроорганизмов, остальная сточная жидкость в часы, когда расчетный расход сточных вод превышает среднечасовой расход, поступает в многоступенчатый аэробный минерализатор, оборудованный илоотделителем, и работающий с использованием сообщества свободноплавающих и прикрепленных микроорганизмов. Иловая вода, выделенная в илоотделителе аэробного минерализатора, направляется в первую ступень аэробного биореактора, а избыточный активный ил, выделенный в илоотделителе первой ступени аэробного биореактора, перекачивается в аэробные минерализаторы. Стабилизированный в аэробных минерализаторах осадок после сгущения в илоотделителе и обезвоживания направляется на утилизацию, а иловая вода от процесса обезвоживания совместно со сточной жидкостью из первой ступени аэробного биореактора очищаются вначале во второй ступени аэробного биореактора, снабженной илоотделителем, а затем доочищаются на ступенях доочистки и после обеззараживания либо используется для технического водоснабжения, либо сбрасывается в водоем.

Способ отличается тем, что суммарное суточное количество сухого беззольного вещества избыточного активного ила и сырого осадка первичных отстойников, загружаемое в аэробный минерализатор, должно быть в 2-3 раза больше, чем суммарное количество растворенных органических веществ (в расчете на БПК<sub>полн</sub>), подаваемых в него со сточными водами. Отвод стабилизированного осадка на обезвоживание из аэробных минерализаторов производится не ранее, чем через 6 часов после прекращения подачи в него сточной жидкости. Подача в аэробный минерализатор избыточного активного ила, сырого осадка первичных отстойников или сточной жидкости производится рассредоточенно по ступеням аэробного минерализатора. Сырой осадок первичных отстойников направляется исключительно в первую ступень аэробного минерализатора. Избыточный активный ил из илоотделителей I ступени многоступенчатого аэробного биореактора разделяется на две равные части, одна из которых направляется в первую ступень аэробного минерализатора, вторая часть во вторую ступень. Сточная жидкость подается во вторую и третью ступени трехступенчатого аэробного минерализатора в соотношении от 1:2 до 1:3 (соотношение 1:3 используется в случае подачи на 1-ю ступень аэробного минерализатора сырых осадков первичных отстойников). В аэробные минерализаторы направляется неотстоенная сточная жидкость.

На фиг.1 приведена технологическая схема биологической очистки сточных вод и обработки осадков по предлагаемому способу. Сточные воды расходом  $Q_{расч}$  потоком разделяются в распределительной камере 1 на 2 потока, один из которых по величине не превышающий среднечасовой расход  $Q_{ср}^{час}$  направляется через первичные отстойники 7 в многоступенчатый аэробный биореактор 2, а второй, равный по величине разности между  $Q_{расч}$  и  $Q_{ср}^{час}$ , и, безусловно, не постоянно поступающий на многоступенчатый аэробный минерализатор (ММ) 3. В многоступенчатом аэробном биореакторе (ММ) 2 сточные воды вначале обрабатываются сообществом свободноплавающих и прикрепленных микроорганизмов в I ступени ММ 2а. Иловая смесь из I ступени ММ (2а) перетекает в илоотделитель 2б I ступени ММ, откуда сточная жидкость потоком II направляется во II ступень ММ (2в), возвратный активный ил потоком III перекачивается на вход в I ступень ММ, а избыточный активный ил потоком IV сбрасывается в I и II ступень ММ (3), в I ступень ММ потоком VII сбрасывается сырой осадок первичных отстойников 7. ММ также имеет илоотделитель 4, в котором сточная жидкость потока 16 отделяется от стабилизированного осадка и поступает на вход в I ступень ММ, насыщенная нитритами и нитратами и освободившаяся от большей части органических соединений, загрязнявших ее. Из илоотделителя ММ стабилизированный осадок направляется на обезвоживающее устройство 5, откуда твердая фаза вывозится на утилизацию в качестве удобрения (поток V), а иловая вода, совместно с потоком II сточной жидкости, поступает на II ступень ММ. Из II ступени ММ (2в) иловая смесь перетекает в илоотделитель 2г II ступени ММ, из которого возвратный ил перекачивается в голову II ступени ММ, а избыточный активный ил совместно с избыточным илом I ступени ММ сбрасывается в ММ. Сточная жидкость после илоотделителя 2 г поступает далее на ступени доочистки 2д и в сооружении обеззараживания 6. Очищенная сточная жидкость потоком VI может быть направлена на технические нужды промышленных предприятий. Во все ступени ММ, ММ и доочистки предусмотрена подача сжатого воздуха.

Подача именно среднечасового расхода загрязненных сточных вод на I ступень ММ обеспечивает равномерную нагрузку загрязнений на биомассу сообщества свободноплавающих и прикрепленных микроорганизмов этой ступени в течение суток. Регенерационная вода из ступеней доочистки, а также жидкость, возвращаемая из илоотделителей ММ, содержит несопоставимо малое количество органических примесей, поэтому они не влияют на величину нагрузки на биомассу микроорганизмов I ступени ММ. Это позволяет уменьшить размеры первичных отстойников и I ступени ММ на величину, равную коэффициенту неравномерности поступления расходов, сточных вод на очистную станцию, т.е. практически не менее, чем в

1,5 раза [1] без строительства дополнительных объемов емкостных сооружений, например, усреднителей расхода. Кроме того, в 1,5 раза сокращается потребность в воздухе на этой ступени МАБ.

Теперь покажем, что такая манипуляция с потоком сточной жидкости не отразится на размерах многоступенчатого аэробного минерализатора.

В I ступени МАМ, куда вообще не поступает поток сточной жидкости, протекают процессы отклонения органических веществ, входящих в состав взвесей, а также сорбированных на взвешенных частицах. Под действием свободноплавающих и прикрепленных микроорганизмов одновременно с протеканием процессов экзогенного и эндогенного окисления субстрата, происходят также аммонификация, нитри- и денитрификация.

Подача всего объема сырого осадка первичных отстойников и половины всего объема избыточного активного или из илоотделителей I и II ступеней МАБ в I ступень МАМ обеспечивает максимально быструю переработку органического вещества, содержащегося в сыром осадке, за счет конструктивного и энергетического обменов в клетках аэробных микроорганизмов, пришедших с избыточным активным илом из МАБ. После I ступени МАМ смесь осадков представляет собой однородную массу, состоящую только из активного ила и иловой воды. Первую ступень МАМ целесообразно снабдить своим илоотделителем, чтобы вывести с иловой водой продукты жизнедеятельности микроорганизмов, работающих с повышенной концентрацией биомассы микроорганизмов и субстрата.

Общая концентрация органических веществ в этой иловой воде находится на уровне количества загрязнений в сточной жидкости после вторичных отстойников аэротенков со свободноплавающим активным илом, но в данной иловой воде выше концентрация соединений азота (как аммонийного, так и нитритного, и нитратного). Соединения окисленных форм азота создают резерв аэробности среды не только в объеме воды сооружения I ступени МАБ, но и внутри насадки, куда затруднен доступ воздуха. В зоне закрепления микроорганизмов за счет использования кислорода нитритов и нитратов протекают процессы денитрификации, также сопровождающихся окислением органических загрязнений сточных вод, особенно легкоокисляемых, способствующих быстрому связыванию растворенного в воде кислорода.

Во второй ступени МАМ начинается непосредственно минерализация активного ила. В процессе лизиса клеточной оболочки отмирающих микроорганизмов высвобождается внутриклеточное вещество, в процессе окисления которого (а оно состоит из аминокислот) образуются нитриты и нитраты. Насадка МАМ удерживает микроорганизмы - денитрификаторов и благодаря их жизнедеятельности процесс аэробной минерализации не заходит в тупик. Дело в том, что, если в результате окисления аминокислот будут протекать только процессы нитрификации, то иловая смесь будет подкисляться, а нитриты и нитраты, как продукты жизнедеятельности, ингибируют продолжение окислительных процессов. Экспериментально установлено, что денитрификация ускоряется при добавлении легкоусваиваемой органики. В то же время добавление легкоусваиваемой органики не должно быть постоянным, и ее должно быть ограниченное количество, так как в противном случае биоценоз аэробных минерализаторов не будет ориентироваться на аэробную минерализацию биомассы активного ила. Например, если в стабилизируемый осадок с распадом беззольного вещества на уровне 45% начать периодически добавлять глюкозу в определенных дозах, то при получающемся некотором увеличении нагрузки по органическим веществам на биоценоз микроорганизмов-стабилизаторов распад беззольного вещества стабилизируемого осадка возрастает и достигает при определенном режиме внесения глюкозы 59% без увеличения продолжительности стабилизации.

На фиг.2 приведено влияние соотношения (К) количества беззольного вещества ила, подаваемого на стабилизацию (а) к количеству введенной глюкозы (г) на степень распада беззольного вещества или при стабилизации.

Как видно из фиг.2, при К равном 2-3 наблюдается резкое увеличение степени распада беззольного вещества ила при стабилизации. Однако такой скачок в степени распада возможен при определенном режиме подачи глюкозы. При общем времени стабилизации 3-е суток введение глюкозы должно осуществляться в три приема с продолжительностью введения глюкозы за один прием 12-18 часов (фиг.3) и перерывом между приемами 6-12 часов. Отклонение продолжительности введения в ту и другую сторону приводит к снижению степени распада. При этом, чем глубже желательно получить распад беззольного вещества осадка, тем большая доза легкоусваиваемой органики должна быть внесена в процесс стабилизации.

Именно это явление было заложено в основу предлагаемого изобретения, т.е., не только стояла задача сокращения размеров аэробного биореактора и уменьшения расхода воздуха на процесс очистки сточной жидкости, но и рациональное использование сточной жидкости как источника легкоусваиваемой органики для увеличения степени распада беззольного вещества выделяемых на очистной станции осадков.

Поскольку городские сточные воды различаются по своему составу, по количеству загрязнений, находящихся в них, потребовалось выяснить границы нагрузок на биоценоз аэробных минерализаторов по количеству добавляемой со сточной жидкостью легкоусваиваемой органики по сравнению с сухим беззольным веществом стабилизируемого осадка и режим внесения этой легкоусваиваемой органики.

В примере 1 показано влияние количества и режима внесения легкоусваиваемой органики на степень беззольного вещества избыточного активного ила аэротенков.

Примеров модель аэробного стабилизатора загружался активный ил с исходной концентрацией 5-8 г/л по беззольному веществу. Общая продолжительность стабилизации составляла 3-е суток. Раствор глюкозы дозировался в стабилизатор в три приема. Длительность каждого приема составляла 16 часов, перерыв между введениями раствора глюкозы 8 часов. После окончания стабилизации (по истечении трех суток), определялось содержание беззольного вещества стабилизированного ила и оценивалась степень его распада. Для сравнения проведен эксперимент без добавления глюкозы (опыт 1) что показано в табл.1.

Данные табл.1 свидетельствуют об увеличении степени распада беззольного вещества ила при стабилизации с введением легкоусваиваемой органики в указанном режиме, причем наибольшая степень распада соответствует отношению беззольного вещества ила к суммарному количеству добавленной глюкозы (в расчете на БПК<sub>полн</sub>) равному 2-3.

В то же время при постоянной подаче раствора глюкозы в стабилизатор в течение всей продолжительности стабилизации степень распада беззольного вещества ила составляет только 43-44%, что вызвано изменением биоценоза денитрифицирующих микроорганизмов с переориентацией их на потребление легкоусваиваемой органики (табл.2).

$$\Pi_p = 0,8 \cdot C + 0,3 L_{en}$$

где С - исходная концентрация взвешенных веществ в сточной жидкости, поступающей на биологическую очистку;

Общее количество избыточного ила и сырого осадка по сухому веществу, образующегося при очистке и направляемого в МАМ

или по беззольному веществу

$$G_{\text{бв}} = 0,7 G_{\text{общ}}$$

Количество органических веществ по БПК<sub>полн.</sub>, поступающих в МАМ со сточной жидкостью расходом,

$$G_{\text{бпк}} = \alpha^* Q_{\text{свТ}} L'_{\text{ен}}$$

где  $L_{\text{сеп}}$  - ВПК неосветленной сточной жидкости.

Отношение количества беззольного вещества смеси осадков к количеству поступающей органики по БПК<sub>полн</sub> будет составлять

$$K = \frac{[0,8 \cdot C + 0,3 L_{\text{еп}} + (C_{\text{еп}} - C)] \cdot 0,7 (1 - \alpha)}{\alpha \cdot L_{\text{еп}}}$$

Режим поступления в МАМ сточной жидкости, например, при коэффициенте общей неравномерности 1,6 приведен в табл.3.

Принимая во внимание, что при удельном среднесуточном водоотведении 200 л/сут чел

$C_{\text{ср}} = 325 \text{ мг/л}$ ,  $C = 150 \text{ мг/л}$ .

$L'_{ep} = 375 \text{ мг/л.}$

$$L_{en} = 0,85 L'_{en} = 319 \text{ мг/л.}$$

Получим

$$K = \frac{0,8 \cdot 150 + 0,3 \cdot 319 + (325 - 150) \cdot 0,7 \cdot (1 - 0,203)}{0,203 \cdot 375} = 2,86.$$

Как видно из приведенных данных, величина К, полученная при поступлении в МАМ сточной жидкости, соответствует значениям К (табл.1), при которых степень распада беззольного вещества ила максимальна. Кроме того, соответствуют друг другу и режимы поступления в стабилизируемый ил органических веществ со сточной жидкостью и при введении раствора глюкозы.

Аналогичный анализ для расхода сточных вод с коэффициентами общей неравномерности 1,8 и 1,4 показывает, что величина  $K$  равна соответственно 2,18 и 3,12.

Увеличение степени распада беззольного вещества ила при его стабилизации в МАМ связано с процессом денитрификации, при котором происходит потребление кислорода нитритов и нитратов и органического вещества. Без добавления органических веществ скорость денитрификации, а также количество потребляемой на денитрификацию органики ила в начале стабилизации максимально и минимально к концу стабилизации. Это связано с тем, что в начальный период стабилизации соотношение легкоусваиваемой и трудноусваиваемой органики максимально и минимально к концу стабилизации. При этом происходит также некоторое накопление в иловой воде нитратов.

Подача сточной жидкости, содержащей легкоусваиваемую органику, во II и III ступень МAM в пропорции 1:2 (т.е. во II ступень - 1 часть, а третью ступень 2 части сточной жидкости) выравнивает скорости денитрификации, увеличивает общий распад беззольного вещества, ила, сокращает общий расход кислорода за счет более полного использования нитратов.

Указанную пропорцию введения в МАМ сточной жидкости можно подтвердить следующими соображениями.

Если общее количество беззольного вещества или, подаваемого на стабилизацию,

~~, Mun-ri. isanuuuulU ТП ЧЭ 1.5 CVТОК СТЭБИЛИ-

зации за счет распада останется 0,55 исходного его количества, а за 3-е суток - 0,42. Из этого количества 0,26 приходится на труд-ноусваиваемую органику (фиг.4).

Необходимое количество добавляемой в МAM легкоусвояемой органики, например, при  $K \gg 2,5$  должно составлять в долях единицы 0,4.

Тогда для обеспечения одинакового соотношения легкоусваиваемой к трудноусваиваемой органики во II-й и III-й ступени должно выдерживаться соотношение

$$\frac{0,29 + \alpha 0,4}{0,26} = \frac{0,16 + (1 - \alpha) 0,4}{0,26},$$

где  $\alpha$  - часть органического вещества, вводимого во II-ую ступень МАМ. Из этого соотношения  $\alpha = 0,33$ , т.е. в II-ую ступень должно подаваться 0,33 общего количества легкоусваиваемой органики, в III-ую ступень  $1 - 0,33 = 0,67$ , что соответствует пропорции 1:2.

Несоблюдение приведенной пропорции приводит к уменьшению степени распада беззольного вещества ила (фиг.5),  $n$  - отношение легкоусваиваемой органики вводимой в III ступень к вводимой во II-ю ступень.

При подаче сырого осадка в I-ю ступень МАМ (по технологии выгрузка осадка из первичных отстойников

производится периодически) нагрузка на активный ил, поступающей в эту ступень в количестве 50% от общего его расхода, возрастает. Однако иловая вода, отделяемая после I-й ступени МАМ, не изменяет своего качества, так как органическое вещество сырого осадка за время пребывания в этой ступени успевает частью окислиться, частью накопиться в виде резервных веществ в клетках ила и частью адсорбироваться на поверхности хлопьев ила. Активный ил, поступающий во II-ю ступень МАМ, в этом случае содержит повышенное количество легкоусваиваемой органики в виде адсорбированных и резервных веществ, что вызывает необходимость снижения доли легкоусваиваемой органики, подаваемой во II-ю ступень и изменит пропорцию добавления ее во II и III-ю ступени до 1:3.

Таблица 1

№ опыта	Исходная концентрация ила по беззольному веществу (а), г/л	Общее добавленное количество глюкозы по БПК <sub>полн</sub> (m), г/л	Степень распада беззольного вещества ила за время стаб., %	$K = \frac{a}{m}$
1	7,635	0	45,3	—
2	6,21	2,48	57,3	2,5
3	7,31	2,60	59,1	2,81
4	5,39	1,380	46,3	3,89
5	7,25	3,45	58,4	2,1
6	6,98	5,82	46,1	1,2
7	7,85	2,68	58,6	2,93

Таблица 2

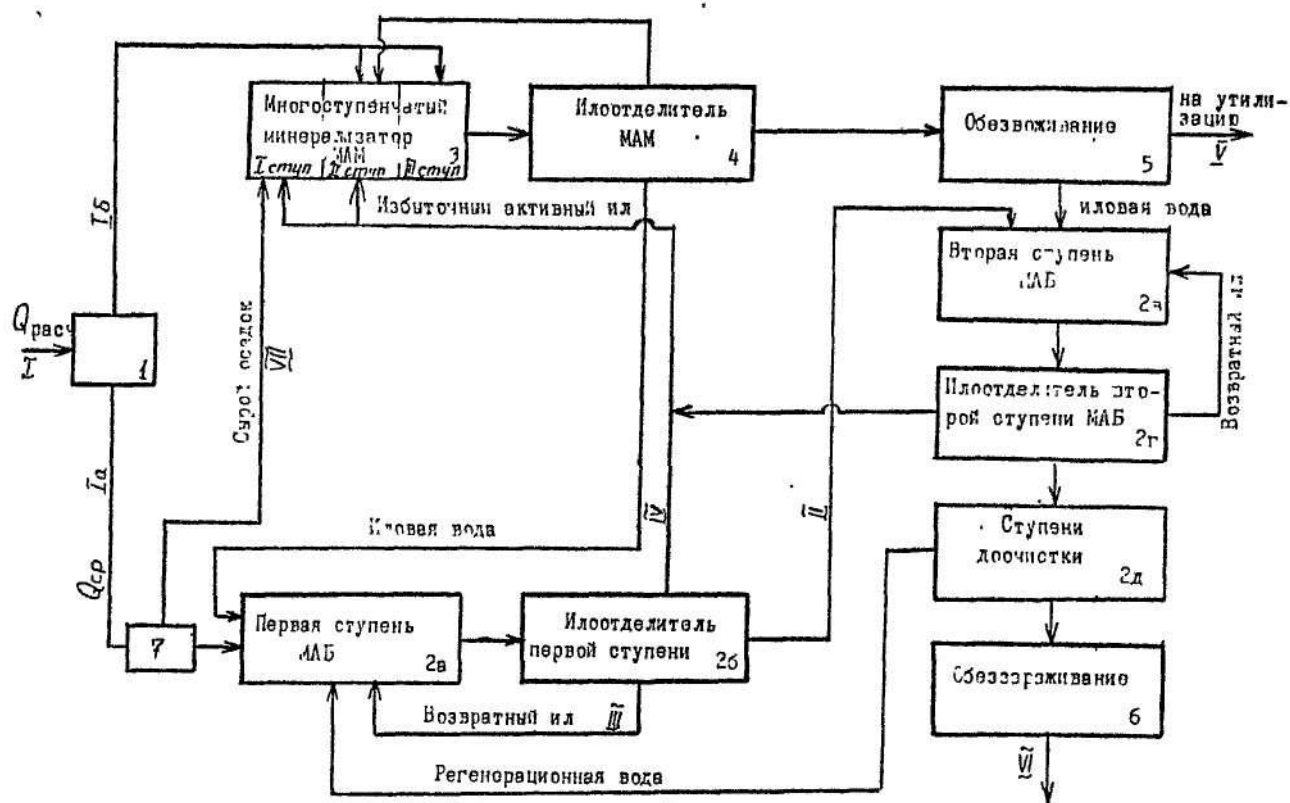
№ опыта	Исходная концентрация ила по беззольному веществу (а), г/л	Общее добавленное количество глюкозы по БПК <sub>полн</sub> (m), г/л	Степень распада беззольного вещества ила за время стаб., %	$K = \frac{a}{m}$
1	6,43	2,54	43,2	2,53
2	7,11	3,22	44,1	2,21
3	5,95	2,47	43,0	2,41

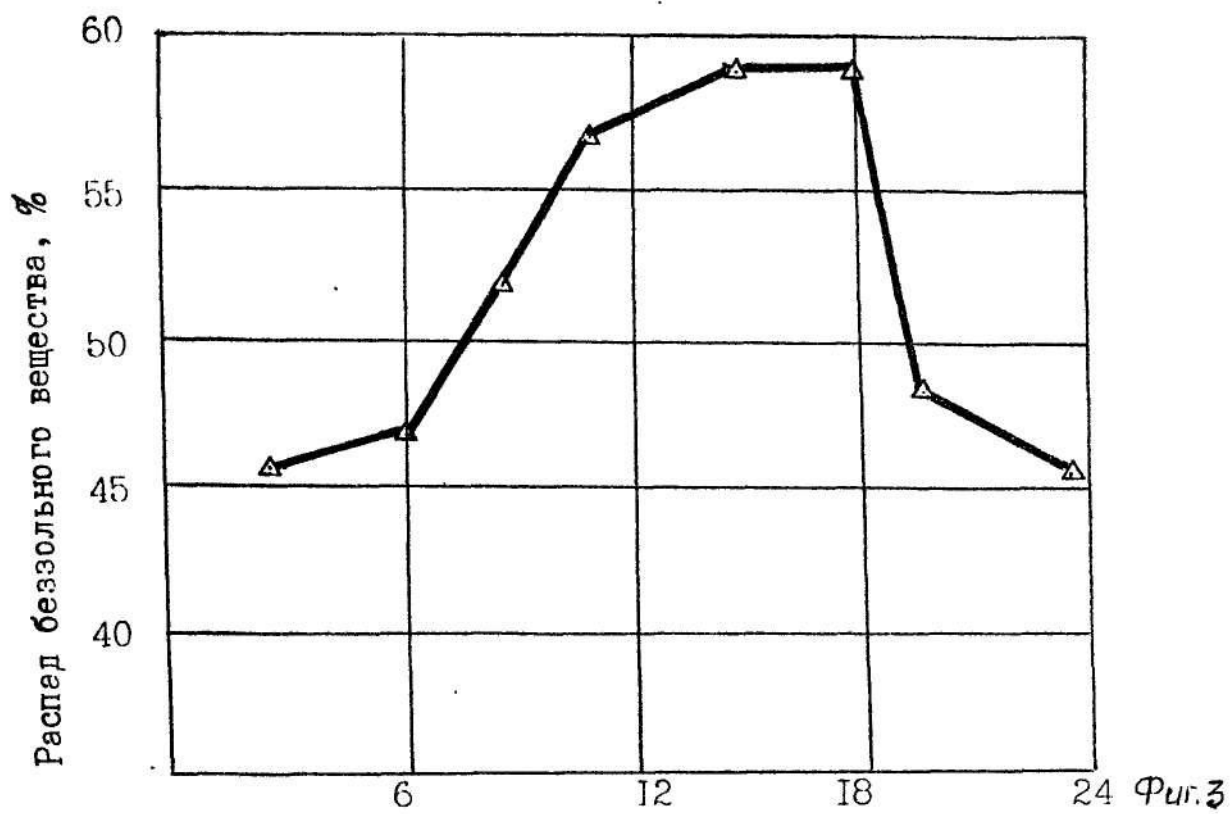
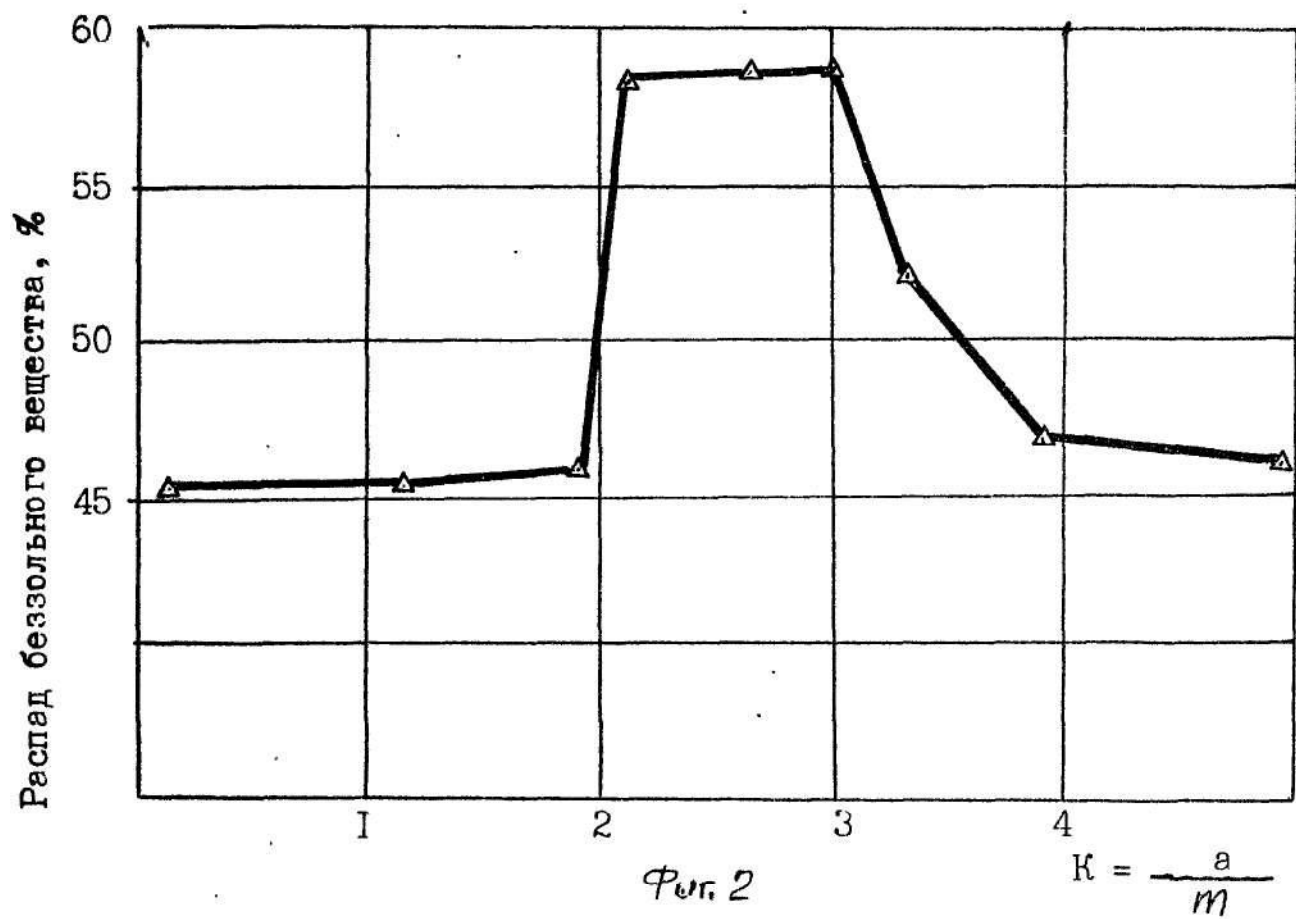
Таблица 3

Часы суток	Расход в % от Q <sub>сут</sub> при коэффициенте неравномерности 1,6	Избыточный расход, поступающий в МАМ, в % от Q <sub>сут</sub>
1	2	3
0-1	1,55	—
1-2	1,55	—
2-3	1,55	—
3-4	1,55	—
4-5	1,55	—
5-6	4,35	0,18
6-7	5,95	1,78

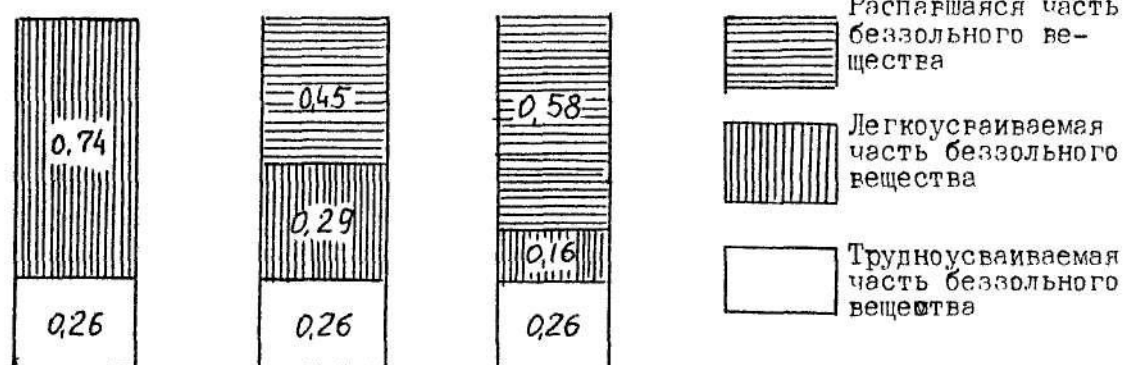
Продолжение табл. 3

1	2	3
7-8	5,8	1,63
8-9	6,7	2,53
9-10	6,7	2,53
10-11	6,7	2,53
11-12	4,8	0,63
12-13	3,95	-
13-14	5,55	1,38
14-15	6,05	1,88
15-16	6,05	1,88
16-17	5,6	1,88
17-18	5,6	1,43
18-19	4,3	1,43
19-20	4,35	0,13
20-21	4,35	0,18
21-22	2,35	-
22-23	1,55	-
23-24	1,55	-
	100% Q <sub>сyt</sub>	20,3% Q <sub>сyt</sub>

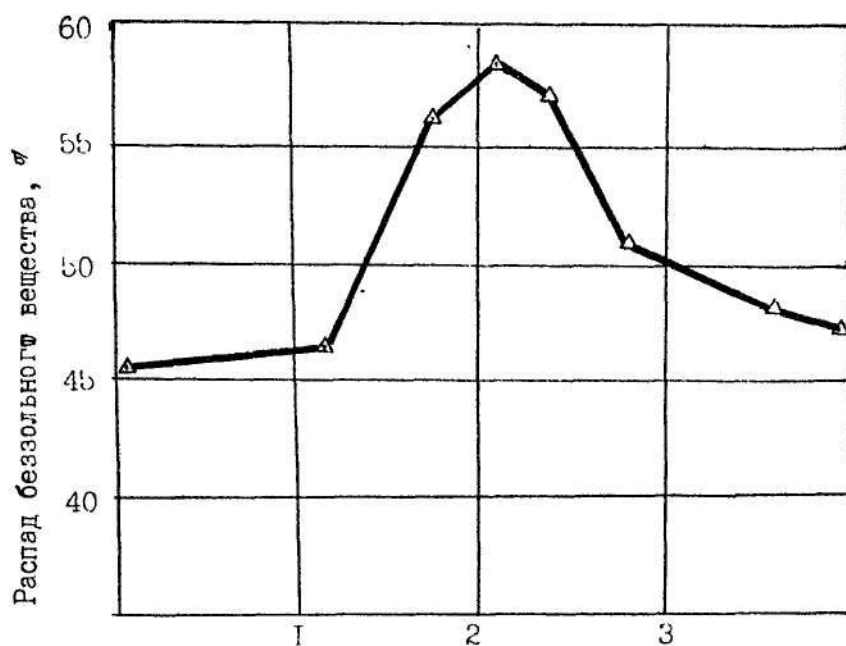




После 1,5 сут После 3-х сут.  
До стабилизации стабилизации стабилизации



Фиг. 4



Фиг. 5