

ЛЕКЦИЯ 2

СТОЧНЫЕ ВОДЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ СТОЧНЫХ
ВОД ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ.
НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА СТОЧНЫХ ВОД.
МЕТОДЫ ОЧИСТКИ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

План лекции:

- 1. Сточные воды.**
- 2. Классификация сточных вод химических производств.**
- 3. Методы очистки и обезвреживания.**
- 4. Нормирование качества сточных вод.**
- 5. Загрязняющие вещества.**
- 6. Методы и методики анализа сточных вод.**
- 7. Методы отбора проб и пробоподготовка сточных вод химико-фармацевтических предприятий.**
- 8. Органолептические методы анализа.**
- 9. Физические и химические методы анализа сточных вод химико-фармацевтических предприятий.**

Сточные воды - воды, использованные на производственные, бытовые или другие нужды и загрязненные при этом дополнительными примесями, изменившими их первоначальный состав и физические свойства.

В зависимости от происхождения различают :

- 1. Производственные сточные воды** - стоки предприятий - разнообразны по составу в зависимости от профиля предприятия
- 2. Бытовые сточные воды** поступают в водоотводящую сеть от жилых домов и бытовых помещений различных предприятий. Особенностью бытовых сточных вод является относительное постоянство их состава, вызванное однообразием физиологии человека и его хозяйственной деятельности.
- 3. Ливневые сточные воды** - образуются в результате выпадения осадков, а также талые воды, образующиеся в результате таяния снега и льда и воды от полива территорий (улиц и промышленных площадок). Особенности ливневого стока являются его эпизодичность и резко выраженные различия по количеству и концентрации загрязнений.

Производственные сточные воды не имеют постоянного состава и могут быть разделены на следующие категории.

По составу загрязнителей:

- загрязнённые преимущественно минеральными примесями;
- загрязнённые преимущественно органическими примесями;
- загрязнённые как минеральными, так и органическими примесями.

По концентрации загрязняющих веществ:

- с содержанием примесей 1-500 мг/л;
- с содержанием примесей 500-5000 мг/л;
- с содержанием примесей 5000-30 000 мг/л;
- с содержанием примесей более 30 000 мг/л.

По свойствам загрязнителей:

- неагрессивные (рН 6,5-8);
- слабоагрессивные (слабощелочные с рН 8-9 и слабокислые с рН 6-6,5);
- сильноагрессивные (сильнощелочные с рН > 9 и сильно-кислые с рН < 6).

Водный Кодекс РФ 74-ФЗ

Сточные воды — воды, сбрасываемые в установленном порядке в водные объекты после их использования или поступившие с загрязненной территории.

Водный объект — сосредоточение вод на поверхности суши в формах ее рельефа либо в недрах, имеющих границы, объем и черты водного режима;

Загрязнение водных объектов — сброс или поступление иными способами в водные объекты, а также образование в них вредных веществ, которые ухудшают качество поверхностных и подземных вод, ограничивают использование либо негативно влияют на состояние дна и берегов водных объектов;

Водопользователь — гражданин или юридическое лицо, которым предоставлены права пользования водными объектами;

Лицензия на водопользование — специальное разрешение на пользование водными объектами или их частями на определенных условиях.

В городскую канализацию разрешается принимать производственные сточные воды, которые не приведут к нарушению работы канализационных сетей и сооружений и не представляют опасности для обслуживающего персонала, а также могут быть очищены на станциях аэрации совместно с бытовыми сточными водами.

Не разрешается сбрасывать в городскую канализацию производственные сточные воды, содержащие:

- > соединения, которые могут выделять опасные для человека газы: сероводород, оксид углерода II, циановодород, сероуглерод;
- > горючие примеси и растворенные газообразные вещества, способные образовывать взрывоопасные смеси;
- > радиоактивные вещества;
- > опасные бактериальные загрязнения;
- > вещества, оказывающие разрушающее воздействие на сооружения городской канализации;

Не разрешается сбрасывать в городскую канализацию производственные сточные воды, содержащие:

- > вещества, ухудшающие биологическую очистку сточных вод на станциях аэрации;
- > нерастворимые масла, смолы, мазут;
- > биологически жесткие поверхностно-активные вещества (ПАВ);
- > вещества, для которых не установлены ПДК в воде водоемов культурно-бытового и хозяйственно-питьевого водопользования;
- > грунт, строительный и бытовой мусор, отходы производства.

Сброс производственных сточных вод в городскую канализацию должен осуществляться через **самостоятельные выпуски контрольных колодцев**, расположенных на территории предприятия или за его пределами.

Контрольные колодцы оборудуются приспособлениями (автоматическими пробоотборниками, измерительными устройствами) для **постоянного контроля** за расходом и составом сточных вод по каждому выпуску.

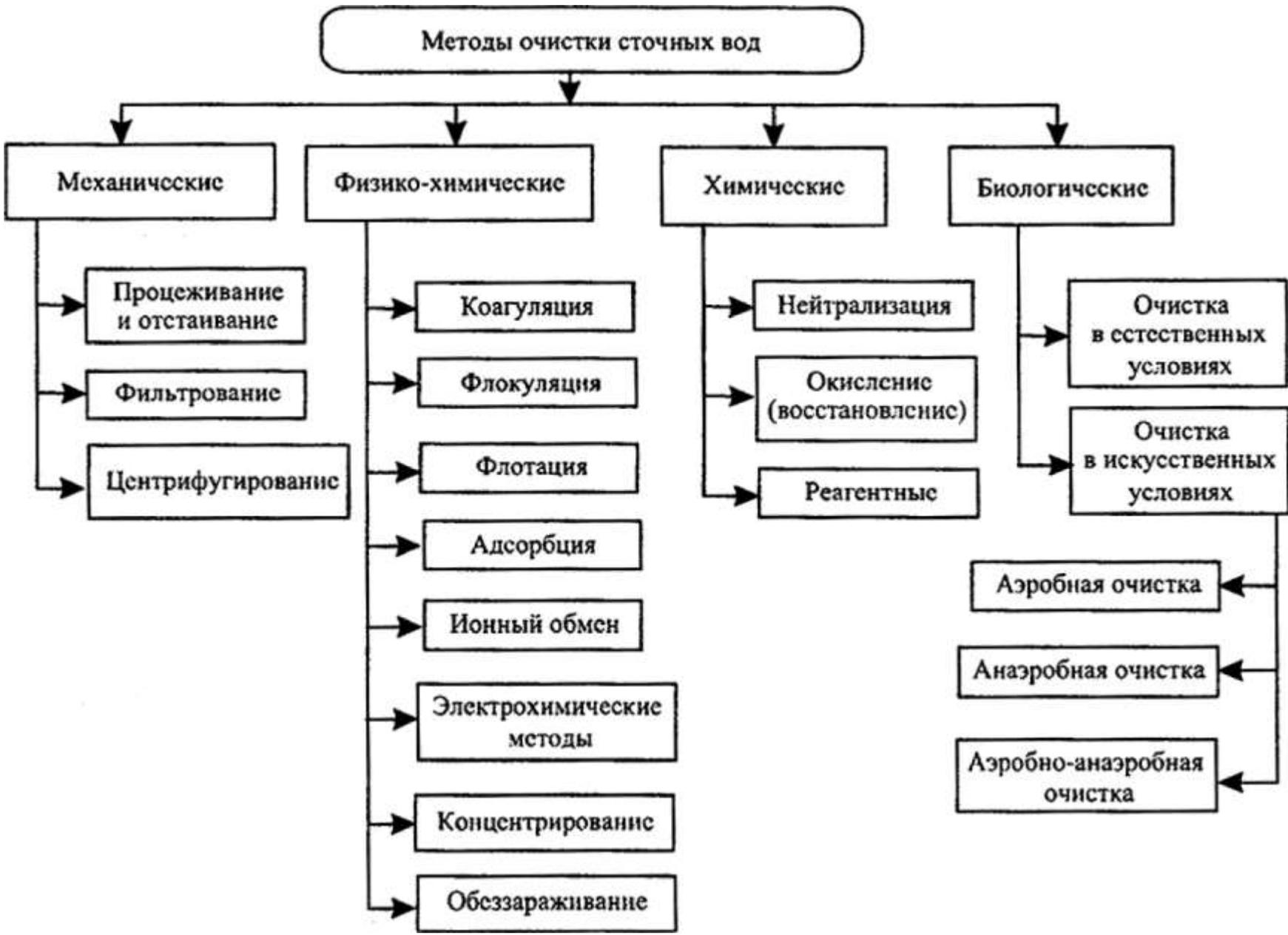
Производственные сточные воды могут быть приняты в канализацию, если содержание в них вредных веществ **не превышает установленных значений ПДК** для водоемов культурно-бытового водопользования.

Перед выпуском в городскую канализацию предприятие должно проводить **анализ производственных сточных вод** и представлять эти сведения в вышестоящую организацию по очистке воды.

Особенности сточных вод фармацевтических производств и их классификация

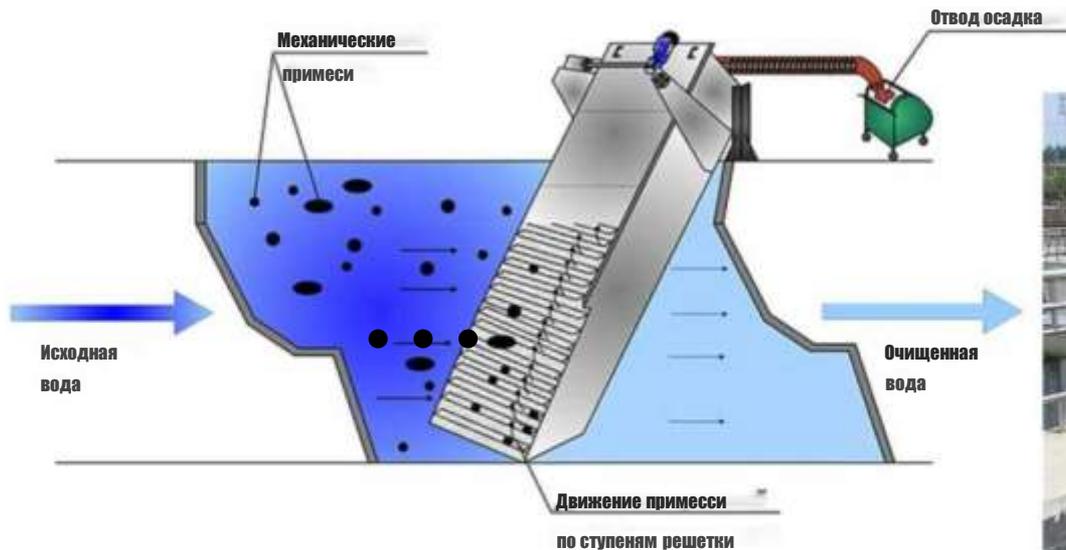
Сточные воды образуются на всех стадиях фармацевтического производства и их можно разделить на:

- стоки, образованные в технологическом процессе производства препаратов;
- стоки, образующиеся от различных энергетических объектов, устройств по охране окружающей среды, складских комплексов, лабораторий, а также стоки бытовой канализации и прочих источников.

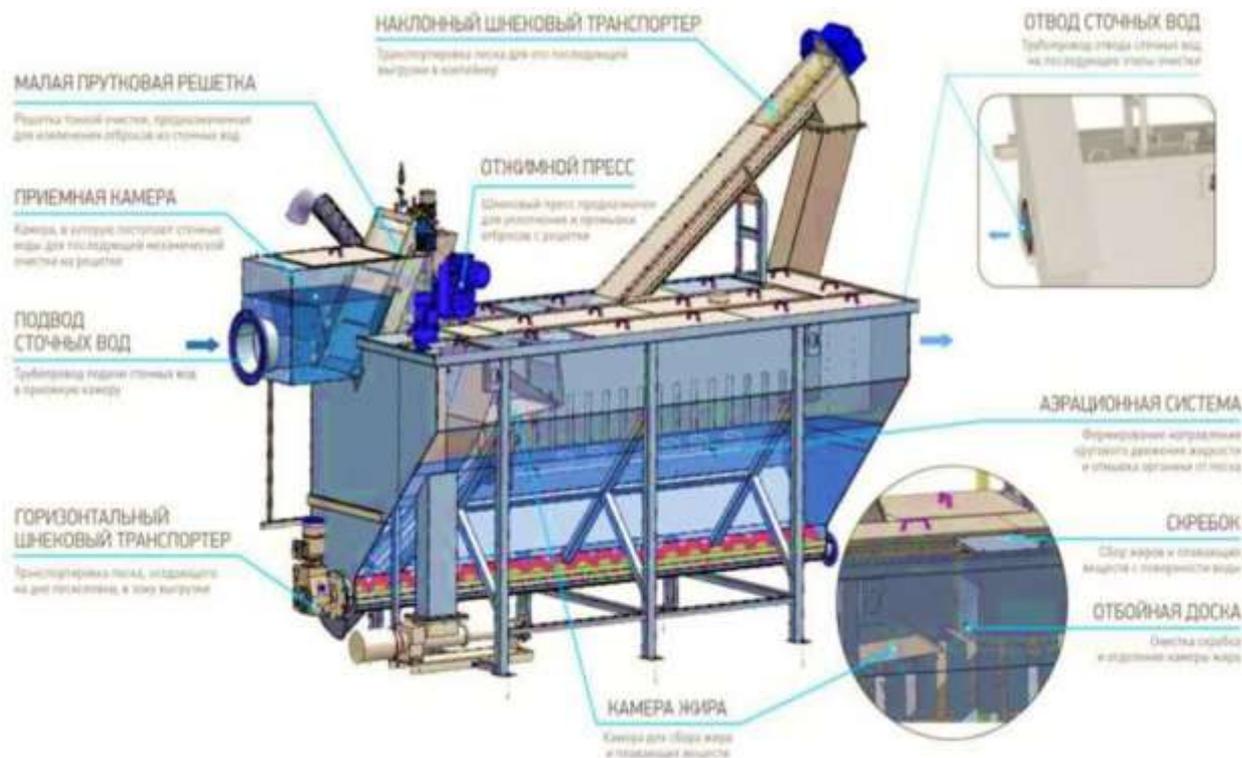


Механические методы очистки сточных вод

1. Процеживание - используется для удаления из сточных вод нерастворимых примесей крупных размеров. Осуществляется с помощью решёток и сеток.



Установка комбинированной механической очистки сточных вод

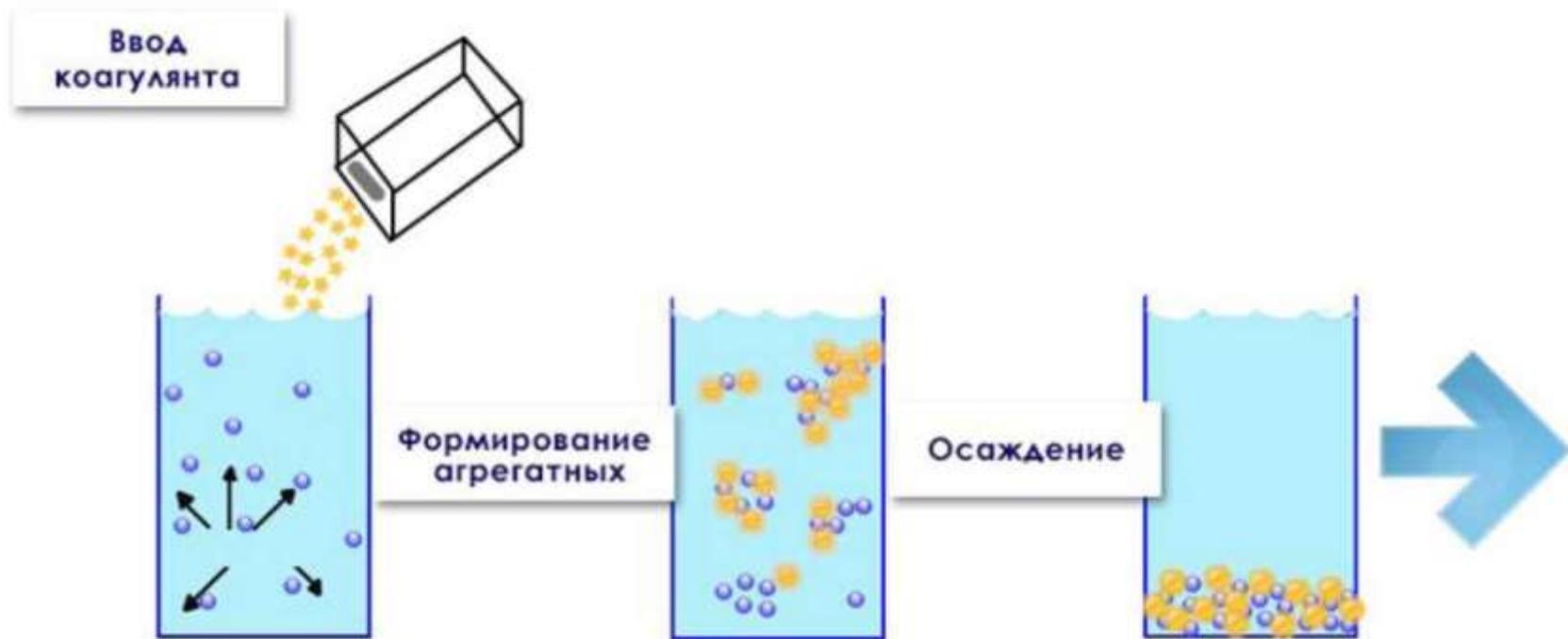


Назначение механической очистки заключается в подготовке сточных вод к биологическому, физикохимическому или другому методу более глубокой очистки.

Физико-химические методы очистки сточных вод

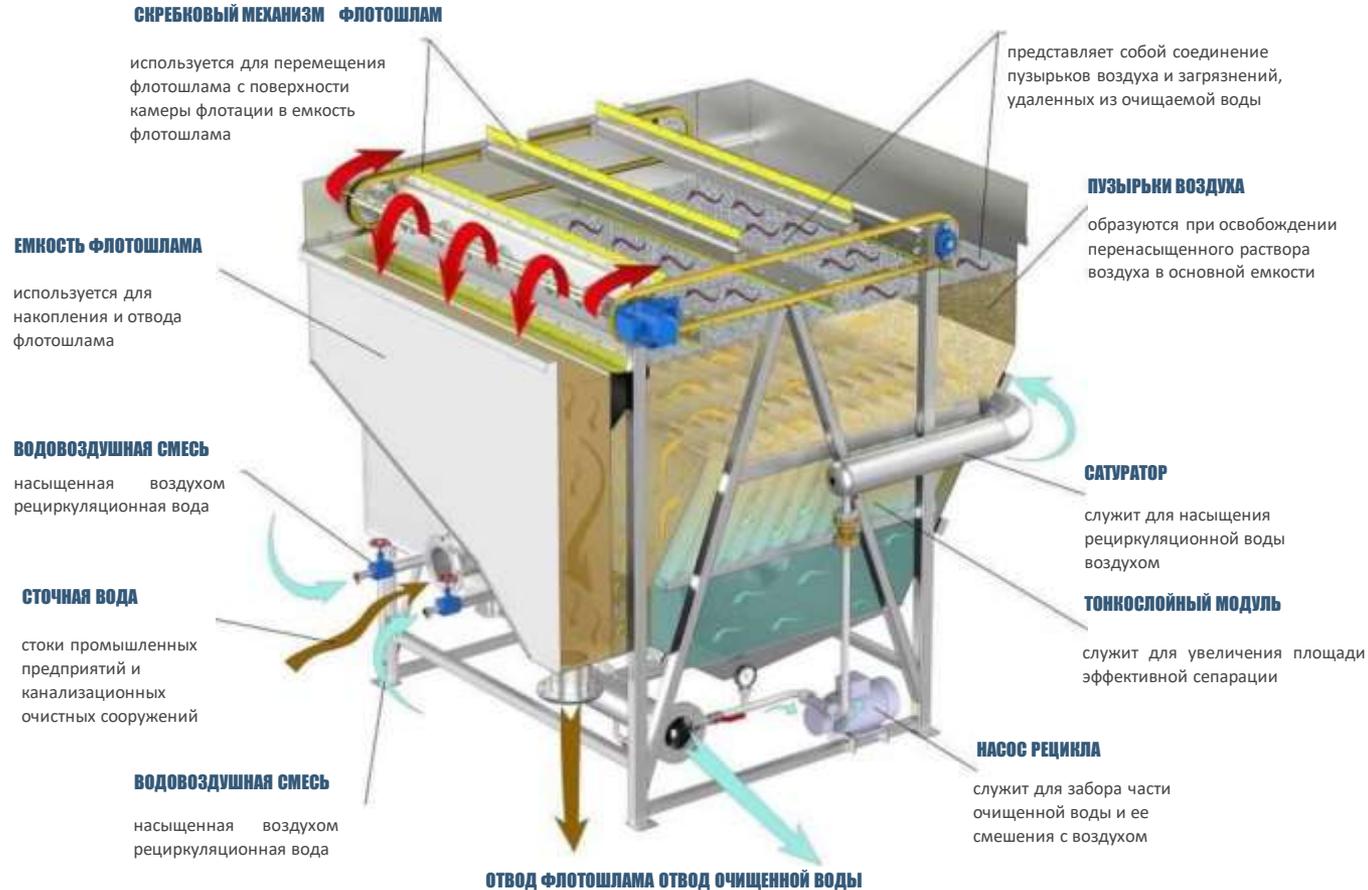
Коагуляция.

Процесс очистки сточных вод методом коагуляции или флокуляции включает в приготовление водных растворов коагулянтов и флокулянтов, их дозирование, смешение со всем объемом сточной воды, хлопьеобразование и выделение хлопьев из нее.



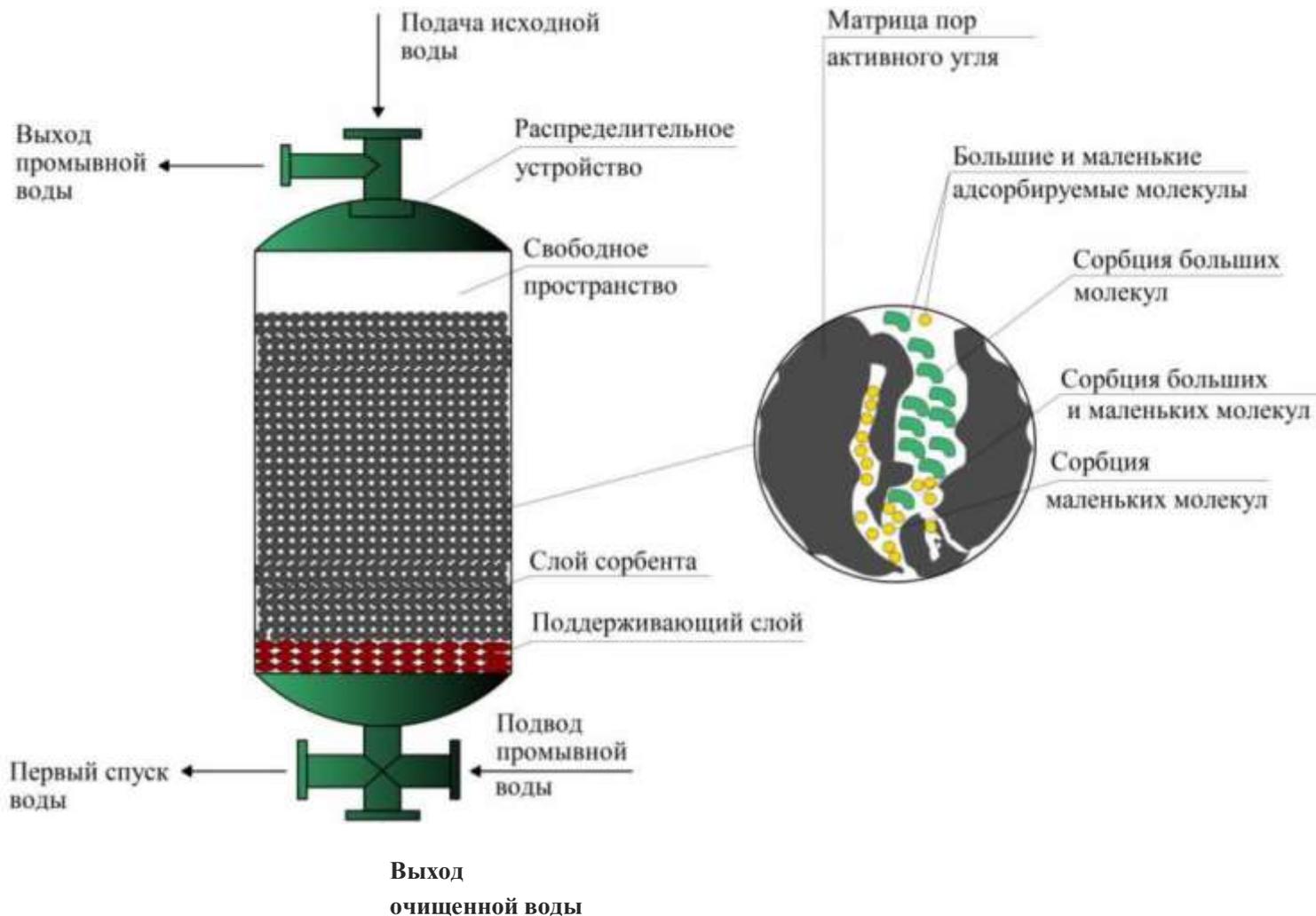
Физико-химические методы очистки сточных вод

Флотация. Суть процесса состоит в фиксировании частичек загрязнений на поверхности пузырьков растворенного воздуха. Агрегированные комплексы образуют на поверхности пену, которую удаляют специальными устройствами.



Физико-химические методы очистки сточных вод

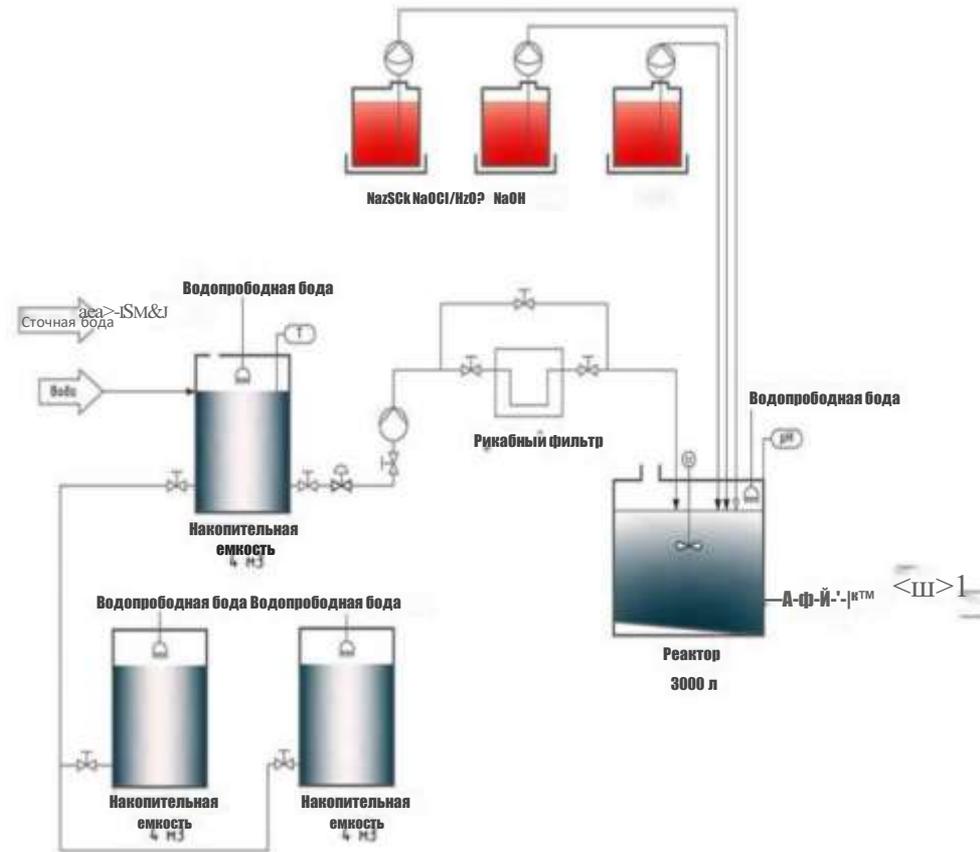
Адсорбция - это метод очистки сточных вод от растворенных примесей посредством специальных реагентов - сорбентов, которые извлекают загрязнения поверхностью.



Химические методы очистки сточных вод

Химические методы очистки предполагают удаление из воды растворимых примесей химическими реагентами, вступающими в химические реакции с вредными примесями и переводящими их в менее агрессивные соединения.

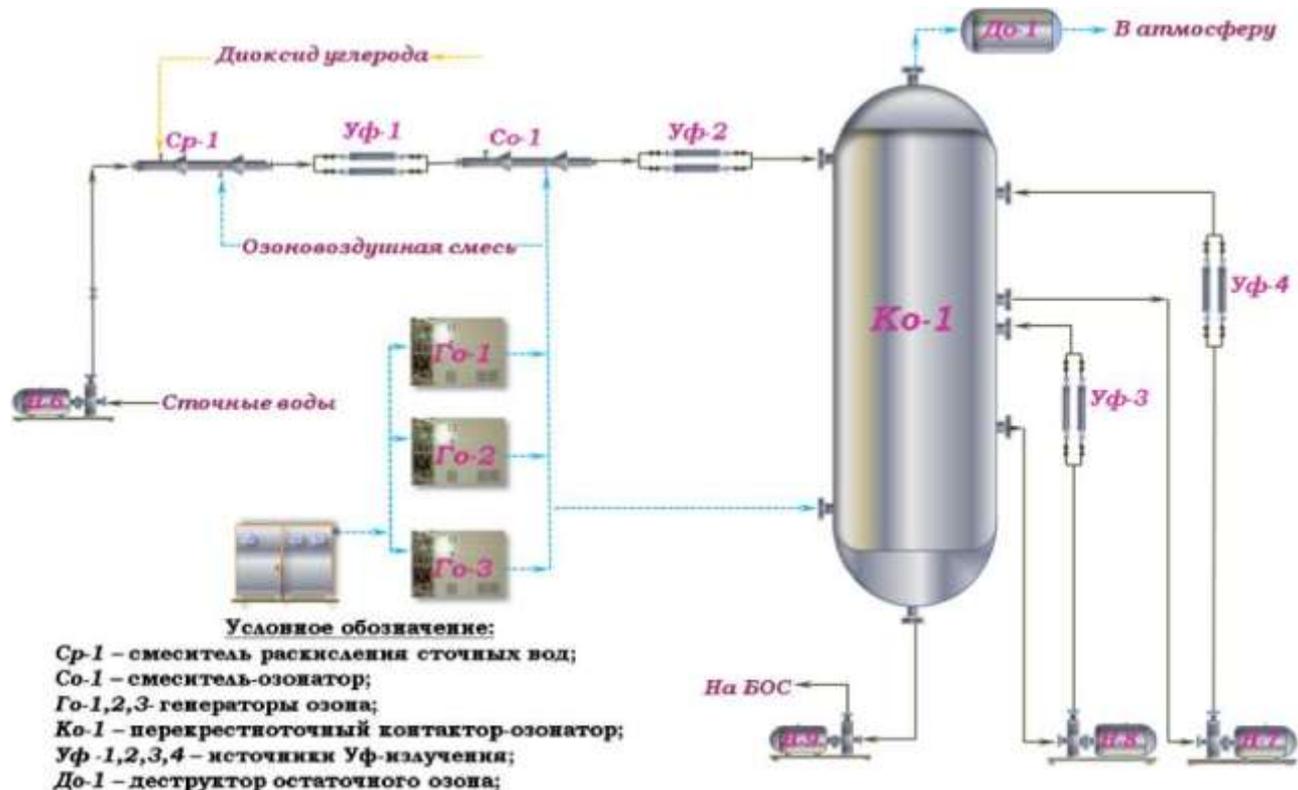
К химическим методам очистки сточных вод относят нейтрализацию, окисление и восстановление.



Химические методы очистки сточных вод.

Озонирование

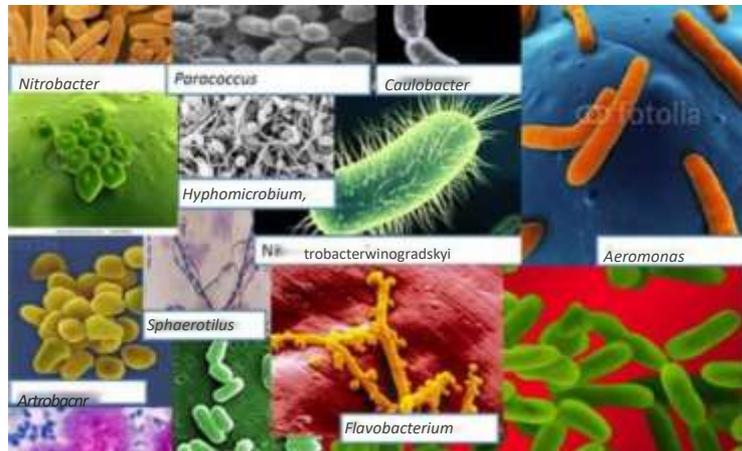
Технология очистки стоков, основанная на применении озона, направлена на разрушение многих примесей и органических веществ. Одновременно с окислением жидкость обесцвечивается, обеззараживается. Из неё устраняются запахи и привкус.



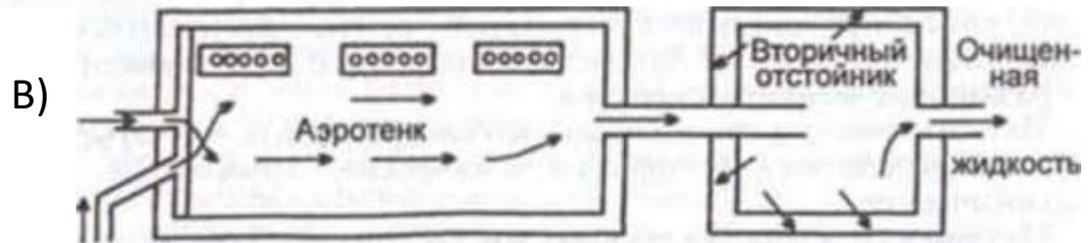
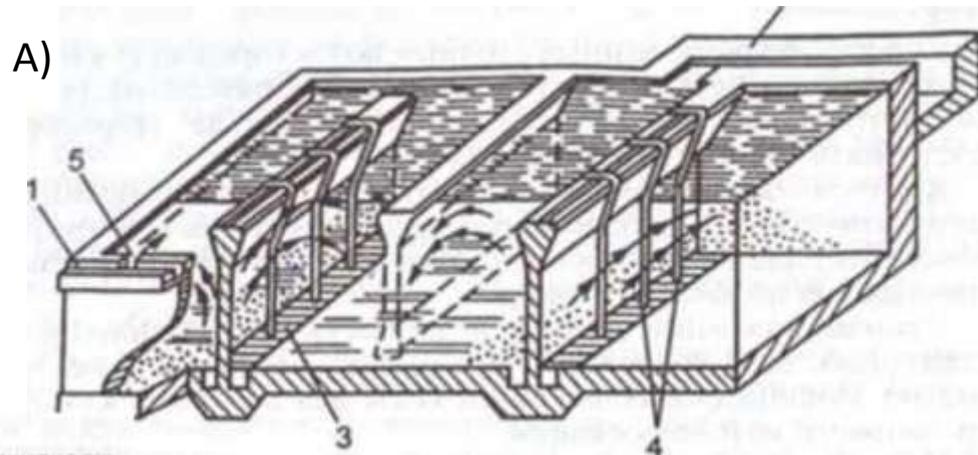
Биологические методы очистки сточных вод

Биологические методы очистки сточных вод основаны на способности микроорганизмов использовать в качестве питательного субстрата многие органические и некоторые неорганические соединения, содержащиеся в воде. Биологическая очистка может проводиться в аэробных и анаэробных условиях. Наиболее часто применяется аэробный метод, в котором используются аэробные микроорганизмы.

Для биологической очистки сточных вод широко применяется очистка в аэротенках.



Аэротенк — это емкость с постоянно протекающей сточной водой, во всей толщине которой развиваются аэробные микроорганизмы, потребляющие загрязняющие вещества этой воды.

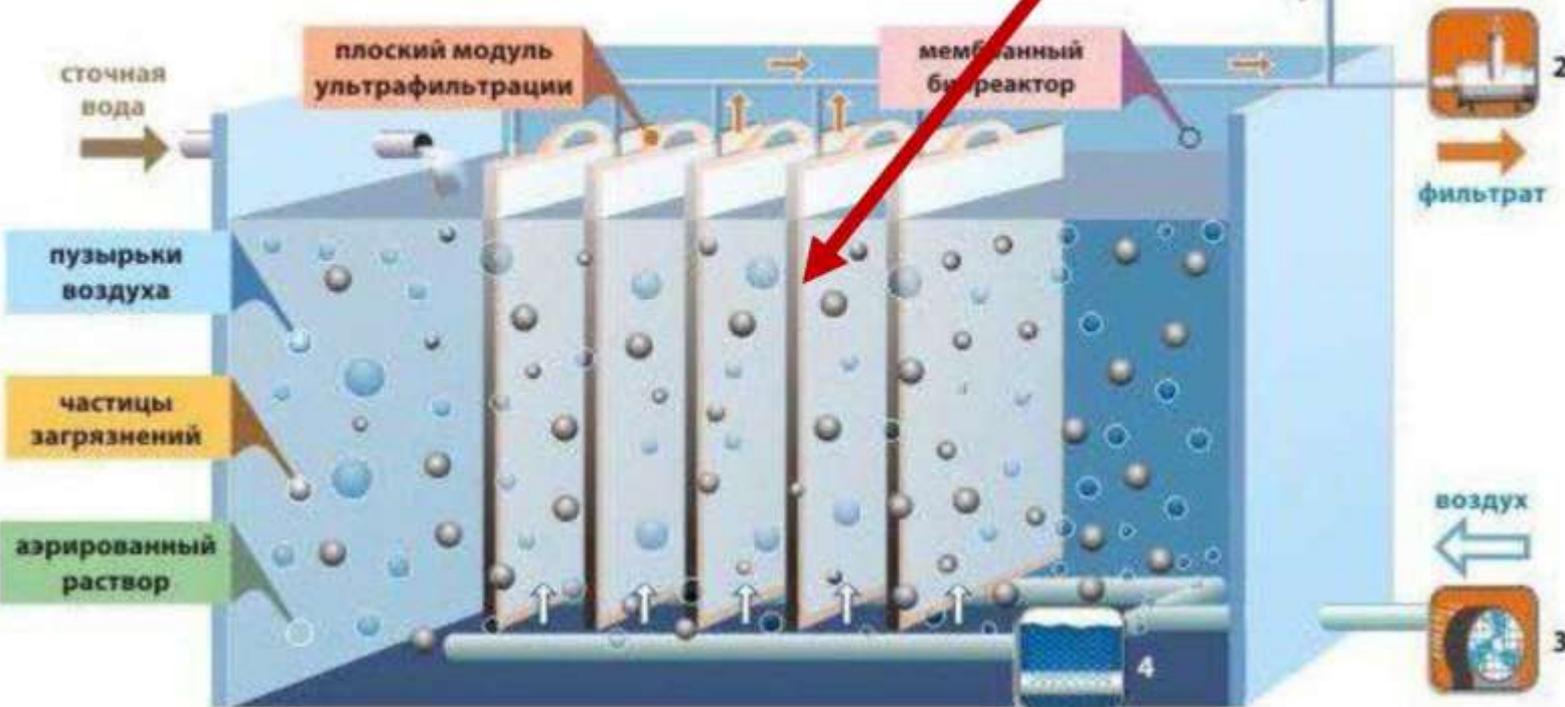


Общий вид (А), схема действия (Б), вид сверху (В) проточного аэротенка — приток сточных вод; 2 — вывод аэрированной воли во вторичный отстойник; 3 — фильтросы; 4 — трубы для подачи воздуха от компрессора; 5 — шибер, регулирующий приток воли.

Мембранный биореактор

Мембранный биореактор (МБР) - технологический процесс очистки сточных вод, объединяющий в себе мембранную фильтрацию и биологическую очистку.

- 1- Емкость для промывочного реагента
- 2- Вакуумный насос
- 3- Компрессор
- 4- Диффузор



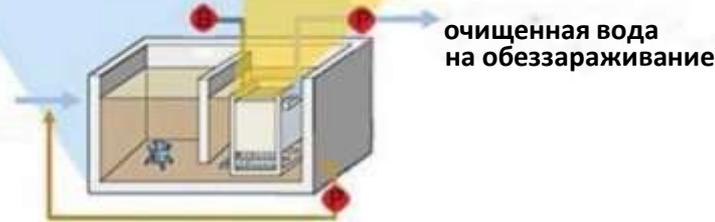
Классическая схема

сточная вода после
механической очистки



Мембранный биореактор

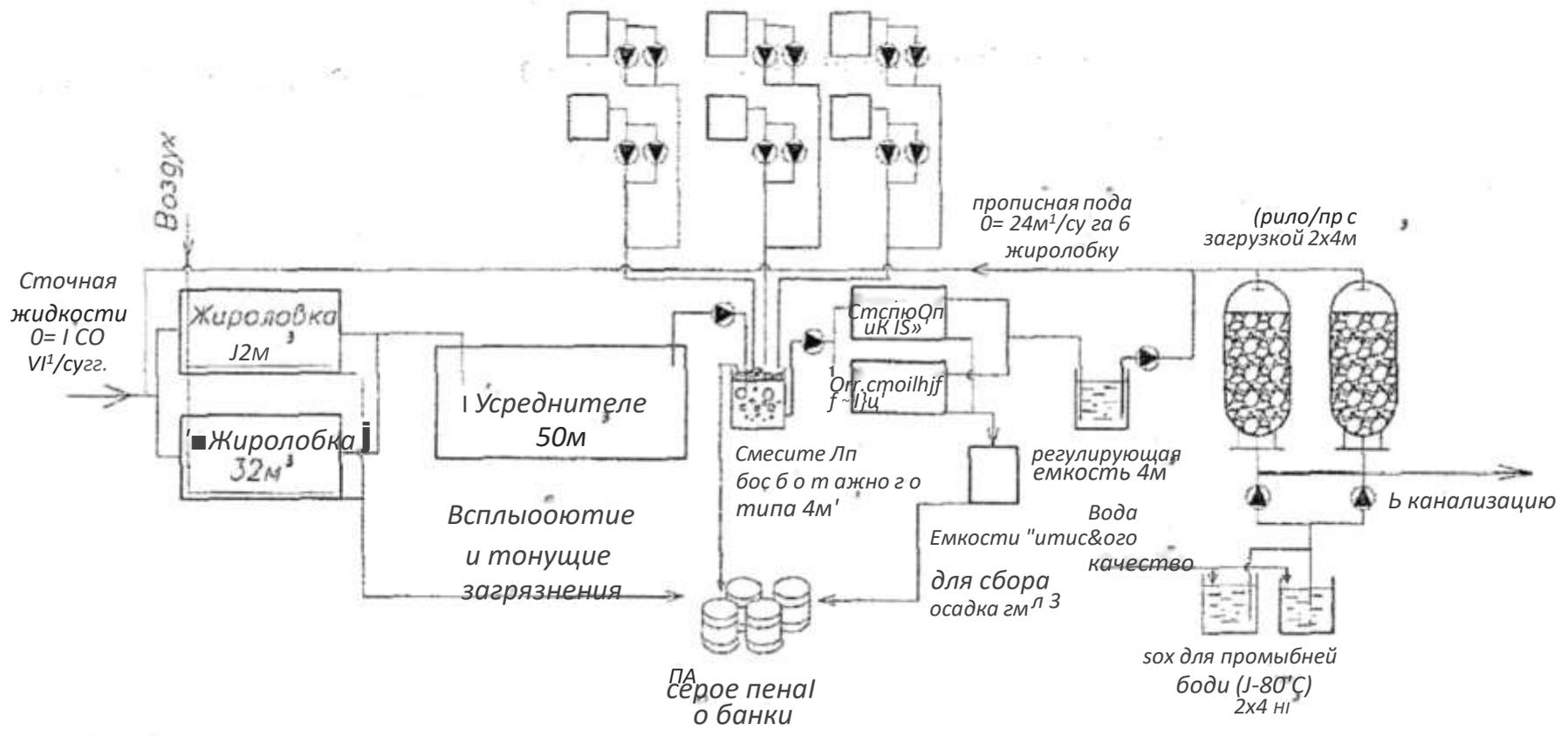
сточная вода после
механической очистки



- отсутствие в технологической схеме вторичных отстойников и фильтров, что позволяет сократить площади под очистные сооружения;
- накопление большого количества активного ила, порядка 25 мг/л, что повышает качество и скорость очистки;
- микроскопический размер мембран позволяет очистить воду от микроорганизмов и других биологических примесей;
- полная автоматизация процесса.

Технологическая схема очистных сооружений завода «Нижфарм»

Емкости для приготовления щелочи
 Емкости для приготовления пероксида водорода
 Емкости для приготовления раствора перманганата калия



*Колпаков М.В. Очистка сточных вод фармацевтических предприятий в биореакторе с погружными керамическими мембранными модулями, Нижний Новгород, 2012, авт.дисс. к.тех.н.

«Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 г., № 74-ФЗ, статья № 44.

«Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ.

«О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 г. № 52-ФЗ.

«Об экологической экспертизе» от 23.11.1995 г. № 174-ФЗ.

«Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» от 13.12.2016 Приказ МинСельхоза РФ N 552.

ПДК - максимальная концентрация вещества в воде, которая при поступлении в организм в течение всей жизни не должна оказывать прямого или опосредованного влияния на здоровье населения в настоящем и последующих поколениях, в том числе в отдаленные сроки жизни, а также не ухудшать гигиенические условия водопользования (единица измерения мг/л).

Для веществ, перспективы применения которых не определены, устанавливается временный (на 3 года) гигиенический норматив - **ориентировочный допустимый уровень (ОДУ)**. ОДУ разрабатывается на основе расчетных и экспресс-экспериментальных методов и применяется только на стадии предупредительного санитарного надзора за строящимися предприятиями, реконструируемыми очистными сооружениями. По истечении срока действия ОДУ подлежит пересмотру или замене на ПДК с учетом дополнительных данных о параметрах токсичности и опасности исследуемого вещества.

Ввод в эксплуатацию предприятий, цехов и технологий возможен только при наличии утвержденных в установленном порядке ПДК и методов определения веществ в воде.

Нормирование вредных веществ в воде водоемов проводится по трем главным лимитирующим признакам вредности (ЛПВ):

- ❖ **санитарно-токсикологический (с.-т.) - это способность вещества оказывать вредное действие на организм человека, в том числе вызывать отдаленные последствия;**
- ❖ **общесанитарный (общ.) - это способность вещества оказывать неблагоприятное воздействие на санитарный режим водоемов;**
- ❖ **органолептический (орг.), - это способность вещества ухудшать органолептические свойства воды (зап. — изменяет запах воды, окр. — влияет на окраску, пен. — вызывает образование пены, пл. — образует пленку на поверхности воды, привк. — придает воде при-вкус).**

Тот из трех показателей вредности, который характеризуется наименьшей пороговой величиной, называется для данного вещества *лимитирующим*.

Например, фтор.

При концентрации выше 5 мг/л нарушает ход процессов очищения водоемов.

При концентрации 25 мг/л изменяет органолептические свойства воды.

При концентрации выше 1,5 мг/л проявляет токсические свойства.

Следовательно, лимитирующим показателем для фтора будет санитарно-токсикологический.

Та максимальная концентрация, при которой вредное влияние вещества по лимитирующему показателю не проявляется, считается *предельно допустимой*.

По органолептическим показателям нормируются вещества, которые в первую очередь изменяют запах, вкус воды, цвет, прозрачность, вызывают образование пленок, пены. К этим веществам относятся: бензин, карбофос, аллиловый спирт, амины жирного ряда, бутадиен, диметилсульфат, изобутилен, стирол, пропиловый спирт, толуол, фурфурол и др.

По общесанитарным показателям нормируются вещества, которые в первую очередь нарушают или отрицательно влияют на жизнь и процессы самоочищения водоемов. К этим веществам относятся: бутилацетат, изобутиловый спирт, молочная кислота, муравьиная кислота, резорцин, стрептоцид, ацетон, бензойная кислота, хлор активный и др.

По санитарно-токсикологическому показателю нормируются вещества, которые в первую очередь оказывают отрицательное воздействие на здоровье людей и способны вызывать отдаленные последствия. К этим веществам относятся: анилин, бензол, бром, висмут, динитротолуол, свинец, сурьма, ДДТ, метанол, фреон-12, фреон-22 и др.

Таблица 14

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде
водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-

№ п/п	Наименование вещества	ПДК или ОДУ	Лимитирующий показатель вредности	Предельно допустимые концентрации, мг/л	Класс опасности
1	Аллил хлористый	ПДК	Санитарно-токсикологический (с-т.)	0,3	3
2	Анилин	ПДК	с.-т.	0,1	2
3	Ацетальдегид	ПДК	орг. запах	0,2	4
4	Аммиак (по азоту)	ПДК	с. -т.	2,0	3
5	Ампициллин	ПДК	с. -т.	0,02	2
6	Ацетоксим	ПДК	с.-т.	3,0	2
7	Барий	ПДК	с.-т.	0,1	2
8	Белково-витаминный концентрат (БВК)	ПДК	с. -т.	0,02	3
9	Бензин	ПДК	орг. запах	0,1	3
10	Бензилпенициллин	ПДК	с.-т.	0,02	2
11	Бериллий	ПДК	с. - т.	0,0002	1
12	Бор	ПДК	с. -т.	0,5	2
13	Бром	ПДК	с.-т.	0,2	2
14	Бутил ацетат	ПДК	общ	0,1	4
15	Винил хлористый	ПДК	с.-т.	0,05	2
16	Винил ацетат	ПДК	с.-т.	0,2	2
17	Висмут	ПДК	с.-т.	0,1	2
18	Глицерин	ПДК	общ.	0,65	4
19	гидразин	ПДК	с.-т.	0,01	2
20	Диизобутиламин	ПДК	орг. привк.	0,07	4
21	диметилсульфамид	ПДК	орг. запах	0,04	3
22	Диметилсульфоксид	ПДК	общ.	0,1	3
23	Дибутиламин	ПДК	орг запах	1,0	3
24	Диметиламин	ПДК	с. -т.	0,1	2
25	Дифениламин	ПДК	орг. запах	0,05	3
26	Диэтиламин	ПДК	с.-т.	2,0	3
27	1,2-Дихлорэтан	ПДК	с. -т.	0,02	2
28	Дицинамид	ПДК	орг привк	10,0	4
29	Керосин технический	ПДК	орг. запах	0,01	4
30	Кадмий	ПДК	с.-т.	0,001	2
31	Кислота бетонная	ПДК	общ.	0,6	4
32	Кислота олеиновая	ПДК	общ	0,5	4
33	Кислота уксусная	ПДК	общ	1,0	4
34	Кислота муравьиная	ПДК	общ	3,5	3
35	Кремний (по Si)	ПДК	с. -т.	10,0	2
36	Кислота щавелевая	ПДК	общ	0,5	1

монохлоруксусная					
Окончание таблицы 14					
39	Литий	ПДК	с. -т.	0,03	2
40	Марганец	ПДК	орг цвет	0,1	3
41	Мышьяк	ПДК	с.-т.	0,05	2
42	Медь	ПДК	орг привк	1,0	3
43	Магния хлорат	ПДК	опт.	20,0	3
44	а-Нафтол	ПДК	орг запах	0,1	3
45	Нафталин	ПДК	орг запах	0,01	4
46	Нитроэтан	ПДК	с. -т.	1,0	2
47	Натрий	ПДК	с. -т.	200,0	2
48	Нитриты (по 1M0 ₂)	ПДК	с.-т.	3,3	2
49	Никель	ПДК	с. -т.	0,1	3
50	нитрозофенол	ПДК	орг. окр.	0,1	3
51	Оксид пропилена	ПДК	с.-т.	0,01	2
52	Пиридин	ПДК	с. -т.	0,2	2
53	Пентахлор фенол	ПДК	с. -т.	0,01	2
54	Персульфат аммония	ПДК	с.-т.	0,5	2
55	Ртуть	ПДК	с.-т.	0,0005	1
56	Стирол	ПДК	орг. зал.	0,1	3
57	Сульфодимезин	ПДК	общ.	1,0	3
58	Спирт бутиловый нормальный	ПДК	С. -т.	0,1	2
59	Спирт фур иловый	ОДУ	с. -т.	0,6	2
60	Спирт изобутиловый	ПДК	с. -т.	0,15	2
61	Стирол	ПДК	орг. зал.	0,1	3
62	Стронции (стабильный)	ПДК	с.-т.	7,0	2
63	Голуол	ПДК	орг зап.	0,5	4
64	Тетрагидрофуран	ПДК	общ.	0,5	4
65	Тетранитрометан	ПДК	орг зап.	11,5	4
66	Фенол	ПДК	орг. зап.	0,001	4
67	Фурфурол			1,0	4
68	Формальдегид	ПДК	С. -т.	0,055	2
69	Хром (СГ)	ПДК	С.-т.	0,5	3
70	Хлороформ	ПДК	С. -т.	0,06	2
71	Циклогексан	ПДК	с. -т.	0,1	2
72	Четыреххлористый углерод	ОДУ	с. -т.	0,006	2
73	Этилацетат	ПДК	с. -т.	0,2	2
74	Этилакрилат	ПДК	орг. зап.	0,005	4
75	Этиленгликоль	ПДК	с. -т.	1,0	3
		ПДК			

Вещества разделены на четыре класса опасности:

- 1 класс - чрезвычайно опасные,**
- 2 класс - высокоопасные,**
- 3 класс - опасные,**
- 4 класс - умеренно опасные.**

В основу классификации положены показатели, характеризующие различную степень опасности для человека химических соединений, загрязняющих воду, в зависимости от токсичности, кумулятивности, способности вызывать отдаленные эффекты, лимитирующего показателя вредности.

При нахождении в водоеме нескольких веществ с **одинаковым лимитирующим признаком вредности, относящихся к 1 и 2 классам опасности, сумма отношений концентраций ($C_1, C_2 \dots C_n$) каждого вещества в водном объекте к соответствующей ПДК не должна превышать единицы:**

$$C_1 / \text{ПДК}_1 + C_2 / \text{ПДК}_2 + \dots C_n / \text{ПДК}_n < \text{или} = 1. \text{ где}$$

$C_{1,2,3 \dots n}$ — концентрация вредных веществ в воде водоема;

$\text{ПДК}_{1,2,3 \dots n}$ — предельно допустимая концентрация этих вредных веществ.

Если эта сумма больше 1 или концентрация какого-либо из веществ превышает ПДК, то вода данного водоема не соответствует гигиеническим требованиям к составу и свойствам воды водных объектов в пунктах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Пример.

В воде водоема I категории обнаружены концентрации вредных веществ:

- ацетоксим 3,5 мг/л;
- белково-витаминный концентрат (БВК) 0,01 мг/л;
- бензол 0,2 мг/л;
- изопропиламин 0,1 мг/л;
- керосин 0,02 мг/л;
- нитроэтан 0,2 мг/л.

В соответствии с правилами распределяют вещества по лимитирующим признакам вредности и для них находят ПДК и классы опасности.

Классы опасности и ПДК веществ

наименование вещества	ПДК мг/л	Класс опасности
Ацетоксим	8,0	2
БВК	0.02	2
Бензол	0.5	2
Изопропиламин	2,0	3
Нитроэтан	1.0	2
Керосин (техн.)	0,01	4

В суммму включают вещества 2 класса опасности:

$$3,5 : 8 + 0,01 : 0,02 + 0,2 : 0,5 + 0,2 : 1 =$$

$$1,54 > 1.$$

Вывод: вода не соответствует гигиеническим требованиям, так как сумма отношений концентрации к ПДК превышает 1 и концентрация керосина в 2 раза выше ПДК.

Общие требования к составу и свойствам воды водных объектов и пунктов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

Показатели состава и свойств водоема или водотока	Категории водопользования	
	Для централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения пищевых предприятий	Для купания, спорта и отдыха населения, а также для водоёмов в черте населенных мест
	I категория	II категория
Взвешенные вещества	Содержание взвешенных, веществ не должно увеличиваться больше чем на 0,25 мг/л 0,75 мг/л. Для водоемов, содержащих в межень более 30 мг/л природных минеральных веществ. допускается увеличение содержания взвешенных веществ в воде в пределах 5 %. Взвеси со скоростью выпадения более 0.4 мм/с для проточных водоемов и более 0,2 мм/с для водохранилищ к спуску запрещаются	
Плавающие примеси (вещества)	На поверхности водоема не должны обнаруживаться плавающие гшеники, пятна минеральных масел и скопление других примесей	
Запахи, привкусы	Вода не должна приобретать запахи и привкус интенсивностью более 2 баллов, обнаруживаемых:	
	непосредственно или при последующем хлорировании или других способах обработки	непосредственно
	Вода не должна сообщать посторонних запахов и привкусов мяса рыб	
Окраска	Не должна обнаруживаться в столбике:	
	20см 10 см	

Температура	Летняя температура воды в результате спуска точных вод не должна повышаться более чем на 3 °С по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет	
рН	Не должен выходить за пределы 6.5 - 8.5	
Минеральный состав	Не должен превышать по плотному остатку 1000 мг/л, в том числе хлоридов 350 мг/л и сульфатов 500 мг/л	Нормируется по приведенному выше показателю «Привкусы»
Растворённый кислород	Не должен быть менее 4 мг/л в любой период года в пробе, отобранной до 12 часов дня	
Биохимическое потребление кислорода	Потребность воды в кислороде при 20 °С не должна превышать:	
	2,0 мг/Ог/л	4,0 мг/Оз/л
Химическое потребление кислорода — Орхроматная окисляемость (ХПК)	15,0 мг/О ₂ /л	30 мг.'Сь/л
Возбудители заболеваний	Вода не должна содержать возбудителей заболеваний, жизнеспособные яйца гельминтов и цисты патогенных кишечных простейших (Сточные воды, содержащие возбудителей заболеваний, должны подвергаться обеззараживанию после соответствующей очистки при остаточном хлоре не менее 1,5 мг/л	
Химические вещества	Не должны содержаться в концентрациях, превышающих ПДК, установленные в ГН 2.1.5.1315-03 и ГН 2.1.5.1316-03	
Лактозоположительные кишечные палочки (Л КП)	Не более 1000 КОЕ/100 мл	Не более 500 КОЕ/100 мл
Колифаги (в бляшкообразующих единицах)	Не более 10 БОЕ/100 мл	

Анализ сточных вод — одна из наиболее сложных областей аналитической химии (а по отношению к химико-фармацевтическим предприятиям — фармацевтической химии), так как исследование качественного и количественного состава сточных вод затрудняется вследствие:

- а) сложного состава сточных вод;
- б) широкого интервала концентраций примесей;
- в) изменения состава (нестабильность сточных вод во времени);
- г) малой концентрации загрязняющих веществ.

При анализе сточных вод определяются следующие показатели:

- ❖ температура;
- ❖ интенсивность запаха, а также разбавление, при котором запах исчезает;
- ❖ разведение, при котором окраска исчезает в столбе воды 16 и 20 см;
- ❖ рН;
- ❖ прозрачность;
- ❖ оседающие вещества по объему и весу;
- ❖ взвешенные вещества и потеря веса при прокаливании;
- ❖ азот аммония;
- ❖ нитриты, нитраты;
- ❖ перманганатная окисляемость;
- ❖ бихроматная окисляемость (ХПК);
- ❖ биохимическая потребность в кислороде (БПК);
- ❖ растворенный кислород;
- ❖ синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ);
- ❖ химические вещества, характерные для данного производства; общее число бактерий.

Для анализа сточных вод используются как классические методы химического анализа, так и современные физические и физико-химические методы:

- ❖ спектрофотометрия в видимой и УФ областях спектра;
- ❖ ИК-спектроскопия;
- ❖ пламенная эмиссионная спектроскопия;
- ❖ атомно-абсорбционная и атомно-эмиссионная спектроскопия;
- ❖ масс-спектрометрия;
- ❖ спектрофлуориметрия;
- ❖ фотоэлектроколориметрия;
- ❖ газовая хроматография;
- ❖ жидкостная хроматография;
- ❖ ионная хроматография;
- ❖ вольтамперометрия;
- ❖ полярография;
- ❖ рентгеноструктурный анализ и др.

Для анализа сточных вод используют также органолептические и некоторые физические показатели.

В экологических лабораториях химико-фармацевтических предприятий наиболее часто используют классические химические методы, фотоэлектроколориметрию, спектрофотометрию в УФ и видимой областях спектра, органолептические, физические и некоторые другие методы анализа.

Первостепенными задачами в разработке методик определения отдельных компонентов и групп веществ, присутствующих в сточной воде, остаются максимальная инструментализация и целесообразная автоматизация работ, а также внедрение экспрессных тестсистем.

В последние годы для наблюдения за состоянием гидросферы все чаще применяются дистанционные методы с использованием авиации, аппаратуры спутников и околоземных космических станций.

Интенсивность запаха в баллах или словесно определяют в соответствии с нижеприведенной таблицей.

<i>Баллы</i>	<i>Характеристика интенсивности запаха</i>
0	Запах не ощущается
1	Очень слабый
2	Слабый
3	Заметный
4	Отчетливый
5	Очень сильный

Определение мутности

Контроль мутности сточной воды имеет токсикологическое значение, так как во взвешенном состоянии могут находиться алюминий, свинец, мышьяк, кадмий, ртуть. Степень мутности воды зависит от наличия в ней взвешенных веществ. Контроль мутности сточных вод требует применения стандартной шкалы на основе каолина или формазина. Мутность воды выражают в миллиграммах взвешенного вещества на 1 л воды (при использовании стандартной шкалы на основе каолина) или в единицах мутности формазина (ЕМФ).

Определение мутности проводят визуально, фотоэлектроколориметрическим или нефелометрическим методом для неокрашенных растворов в сравнении с эталонным раствором формазина. Стандартные растворы сравнения готовят разбавлением исходного раствора дистиллированной водой для получения эталонных растворов, имеющих необходимую степень мутности, используя для этого пипетки и мерные колбы. Эти растворы остаются стабильными в течение недели.

Мутность воды должна быть не более 1,5 мг/л по каолину и не более 2 ЕМФ по формазину.

Определение цветности

Контроль цветности сточных вод позволяет контролировать содержание окрашенных загрязняющих веществ без проведения дорогостоящих инструментальных методов анализа. При определении цветности пробы не консервируют. Определение проводят через 2 ч после отбора пробы. Окраску (цвет) сточной воды определяют качественно (после отстаивания 100 мл пробы в стакане в течение не менее 2 часов) путем описания цвета и оттенков окраски пробы относительно белого цвета: светло-желтый, бурый, темно-коричневый, желто-зеленый, желтый, оранжевый, красный, пурпурный, фиолетовый, синий, сине-зеленый и т.п.

Определение характера цвета. Одним из методов определения цветности является спектрофотометрический метод. Измеряют оптическую плотность сточной воды при различных длинах волн поглощенного света. Исследуемую воду предварительно фильтруют, отбрасывая первые порции фильтрата. Оптическую плотность фильтрата измеряют в кюветах с толщиной слоя 10 мм, применяя в качестве раствора сравнения дистиллированную воду. Длина волны света, максимально поглощаемого водой, является характеристикой ее цвета.

Химическая потребность в кислороде (ХПК). ХПК дает представление о содержании в воде химических веществ, способных к окислению сильными окислителями, и определяется титрометрически с использованием в качестве окислителя дихромата калия.

Биохимическая потребность в кислороде (БПК). БПК используется для характеристики степени загрязнения сточных вод органическими примесями, способными разлагаться микроорганизмами с потреблением кислорода. БПК показывает, какое количество кислорода расходуется аэробными микроорганизмами на окисление органических примесей. В лабораторных условиях обычно определяют БПК за 5 суток или БПК₅ (стандартная БПК). Сущность метода сводится к тому, что в воде определяют содержание растворенного кислорода до и после термостатирования. Определение проводят йодометрическим методом. Разность между ХПК и БПК характеризует наличие примесей, не окисляющихся биохимическим путем.

Определение содержания кислорода в анализируемой воде рекомендуется проводить одним из трех методов: йодометрическим (в диапазоне от 0,1 до 15 мг/л), амперометрическим (в диапазоне от 0,1 до 10 мг/л) или с помощью БПК₅ — тестера или оксиметра (в диапазоне от 0 до 10 мг/л).

Азот. При анализе сточных вод определяют содержание **азота аммонийного (NH_4^+)** и азота нитритов и нитратов (NO_2^- , NO_3^-). Обычно концентрацию азота аммонийного определяют колориметрически с реактивом Несслера на фотоколориметре при 425 нм. Колориметрический метод определения **азота нитритов** основан на образовании азосоединения красного цвета при взаимодействии нитритов с реактивом Грисса. Эта реакция отличается высокой чувствительностью и позволяет обнаруживать тысячные доли миллиграмма нитритов в 1 л воды. Анализ выполняют на фотоколориметре с зеленым фильтром.

Сущность метода определения **азота нитратов** сводится к колориметрированию продуктов его взаимодействия с салициловой кислотой, которые представляют собой нитросоединения желтого цвета. Анализ выполняют на фотоколориметре с синим фильтром.

Хлориды. К сточной воде прибавляют в избытке титрованный раствор азотнокислого серебра, в результате чего весь хлор оседает в виде хлористого серебра, а не вошедший в реакцию избыток азотнокислого серебра оттитровывается раствором роданида аммония в присутствии индикатора - железо-аммиачных квасцов; выпадает нерастворимый осадок. Определив избыток, находят, сколько пошло азотнокислого серебра на осаждение хлоридов и на основании этого вычисляют содержание хлоридов во взятом объеме воды.

Сульфаты. Титриметрический метод основан на способности сульфатов образовывать с ионами бария слабо растворимый осадок. В точке эквивалентности избыток ионов бария регистрирует с индикатором ортаниловым К с образованием комплексного соединения. При этом окраска раствора изменяется из сине-фиолетовой в зеленовато-голубую.

Фосфаты. Метод основан на взаимодействии фосфат-ионов в кислой среде с молибдатом аммония и образовании фосфорно-молибденовой кислоты, которая восстанавливается аскорбиновой кислотой в присутствии сурьмяно-виннокислого калия до фосфорно-молибденового комплекса, окрашенного в голубой цвет. Максимум светопоглощения при 690 нм.

Нефтепродукты. Флуориметрический метод измерения массовой концентрации нефтепродуктов основан на экстракции их гексаном и измерении интенсивности флуоресценции экстракта на приборе «ФЛЮОРАТ-02».

Другой метод измерения массовой концентрации нефтепродуктов основан на извлечении их из анализируемых вод органическим растворителем, отделении от полярных соединений других классов колоночной хроматографией на оксиде алюминия с последующим количественным определением гравиметрическим методом.

Летучие фенолы. Метод основан на экстракции фенолов из воды бутилацетатом, реэкстракции их щелочью, образовании в реэкстракте окрашенного соединения фенолов с 4-аминоантипирином в присутствии гексацианоферрата (III) калия. Полученные соединения вновь экстрагируют бутилацетатом и измеряют оптическую плотность экстракта на спектрофотометре при 470 нм или фотоэлектроколориметре со светофильтром, имеющим максимум пропускания в диапазоне 460-490 нм. Массовую концентрацию летучих фенолов находят по градуировочному графику.

Классификация физических и физико-химических методов анализа.

Эта классификация основана на учете измеряемых физических и физико-химических свойств вещества или изучаемой системы.

Оптические методы основаны на измерении оптических свойств веществ.

Хроматографические методы основаны на использовании способности различных веществ к избирательной сорбции.

Электрохимические методы основаны на измерении электрохимических свойств систем.

Радиометрические методы основаны на измерении радиоактивных свойств веществ.

Термические методы основаны, на измерении тепловых эффектов соответствующих процессов.

Масс-спектрометрические методы основаны на изучении ионизированных фрагментов ("осколков") веществ. Реже применяются также и другие методы анализа (ультразвуковые, магнитохимические, пикнометрические и др.).

К достоинствам физических и физико-химических методов анализа можно отнести следующее:

- низкий предел обнаружения (1-10⁻⁹ мкг) и малая предельная концентрация (до ~ 10-12 г/см³) определяемого вещества;
- высокая чувствительность;
- высокая селективность (избирательность) методов;
- малая продолжительность проведения анализов, возможность их автоматизации и компьютеризации.

К недостаткам физических и физико-химических методов анализа можно отнести следующее:

- в некоторых случаях воспроизводимость результатов оказывается хуже, чем при использовании классических химических методов количественного анализа таких, как гравиметрия и титриметрия;
- большая погрешности определений с использованием физических и физико-химических методов относительно классического химического анализа (гравиметрия, титриметрия);
- сложность применяемой аппаратуры, ее высокая стоимость, в связи с чем, перед её эксплуатацией химику-аналитику необходимо проходить дополнительное обучение для работы с прибором.

Классификация оптических методов анализа.

По характеру взаимодействия электромагнитного излучения с веществом различают нижепредставленные оптические методы анализа методы.

Атомно-абсорбционный анализ основан на измерении поглощения монохроматического излучения атомами определяемого вещества в газовой фазе после атомизации вещества.

Эмиссионный спектральный анализ основан на измерении интенсивности света, излучаемого веществом (чаще всего атомами или ионами) при его энергетическом возбуждении, например, в плазме электрического разряда.

Пламенная фотометрия основана на использовании газового пламени в качестве источника энергетического возбуждения излучения.

Молекулярный абсорбционный анализ основан на измерении светопоглощения молекулами или ионами изучаемого вещества.

Люминесцентный анализ основан на измерении интенсивности излучения люминесценции, т.е. испускания излучения веществом под воздействием различных видов возбуждения.

Спектральный анализ с использованием эффекта комбинационного рассеяния света (раман-эффекта) основан на измерении интенсивности излучения при явлении комбинационного рассеяния света.

Нефелометрический анализ основан на измерении рассеивания света частицами света дисперсной системы (среды).

Турбидиметрический анализ основан на измерении ослабления интенсивности излучения при его прохождении через дисперсную среду.

Рефрактометрический анализ основан на измерении показателей преломления веществ.

Интерферометрический анализ основан на изучении явления интерференции света.

Поляриметрический анализ основан на измерении величины оптического вращения - угла вращения плоскости поляризации света оптически активными веществами.

Определение жесткости воды

Жесткостью воды называется совокупность свойств, обусловленных содержанием в ней щелочноземельных элементов, преимущественно ионов кальция и магния.

В зависимости от pH и щелочности воды жесткость выше 10 °Ж может вызывать образование шлаков в распределительной системе водоснабжения и накипи при нагревании. Вода жесткостью менее 5 °Ж может оказывать коррозионное воздействие на водопроводные трубы. Жесткость воды может влиять и на применяемость для потребления человеком с точки зрения ее вкусовых свойств.

При комплексонометрическом (титриметрическом) определении жесткости ионы алюминия, кадмия, свинца, железа, кобальта, меди, марганца, олова и цинка влияют на установление точки эквивалентности и мешают определению. Если мешающее влияние невозможно устранить, определение жесткости рекомендуется проводить методами атомной спектроскопии.

В соответствии с ГОСТ 31954—2012 применяют следующие методы определения жесткости воды:

- комплексонометрический метод (метод А);
- методы атомной спектроскопии (методы Б и В). Метод Б применяют для определения массовой концентрации ионов кальция и магния. Метод В является арбитражным по отношению к другим методам определения жесткости.