

Современные методы очистки сточных вод

В разделе: Вода 27.05.2022

Бузин Игорь, Кандидат биологических наук

<https://www.msulab.ru/knowledge/water/>

Очистка сточных вод контролируется и регламентируется нормативно-правовыми актами, в частности, Постановлением Правительства РФ от 29.07.2013 N 644 «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» и Постановлением Правительства РФ от 21 июня 2013 г. N 525 «Об утверждении Правил осуществления контроля состава и свойств сточных вод». Эти правила устанавливают нормативные значения показателей общих свойств отводимой воды и концентраций загрязняющих веществ. Предприятия и организации для соблюдения установленных норм должны проводить анализ сточных вод, позволяющий контролировать процессы очистки.

Чтобы обеспечить в должной мере соблюдение нормативов загрязнения, необходимо использовать специальное оборудование и технологические комплексы.

Прежде чем перейти к рассмотрению непосредственно методы очистки воды, давайте разберемся, что такое «сточные воды» и какие бывают их виды.

Виды сточных вод

Сточными водами называют воды, которые сбрасывают в водоемы с промышленных объектов и населенных пунктов через канализацию или самотеком. Свойства этих растворов связаны с технологическим процессом, в котором они участвовали и, как правило, негативно сказываются на природных объектах, с которыми контактируют.

Сточные воды по составу делятся на три вида, представленные на рисунке 1.



Рисунок 1 — Виды сточных вод

Отличительные характеристики этих видов сточных вод обобщены в таблице 1.

Таблица 1 — Отличительные характеристики разных видов сточных вод

| Вид сточных вод | Равномерность поступления сточных вод | Степень загрязнения | Вид загрязнений | Используемые методы очистки |
|-----------------------------------|--|--|---|--|
| Производственные | Неравномерное (зависит от процессов предприятия) | Условно-чистые Нормативно очищенные Загрязненные | Органические и минеральные примеси | Механические Физико-химические Химические Биологические |
| Хозяйственно-бытовые сточные воды | Относительно равномерное | Сильно загрязненные | Органические вещества растительного и животного происхождения Отходы жизнедеятельности и моющие средства | Механические Биологические |
| Атмосферные (ливневые) | Неравномерное (зависит от атмосферных осадков) | Условно чистые Загрязненные | Минеральные загрязнения Нефтепродукты | Механические Физико-механические Химические методы |

Производственные сточные воды

Производственные сточные воды образуются в результате использования воды в различных технологических процессах.

Факторы, влияющие на количество, состав воды и концентрацию загрязняющих веществ показаны на рисунке 2.



Рисунок 2 — Факторы загрязнения промышленных сточных вод

Типы загрязняющих веществ и их концентрация в сточных водах варьирует от предприятия к предприятию и колеблется в диапазоне от нескольких миллиграмм до десятков граммов на литр даже по отдельным подразделениям одного предприятия.

По степени загрязнения сточные воды промышленных предприятий разделяют на 3 вида:

Таблица 2 — Виды промышленных сточных вод

| Вид сточных промышленных вод | Характеристика |
|------------------------------|---|
| Условно-чистые | не приводят к изменению физико-химического состава водоема и не требуют специальной очистки |
| Нормативно-очищенные | прошли очистку и уровень загрязнений не превышает установленные нормы |
| Загрязненные | не очищались, концентрация веществ выше установленных нормативов. Сбрасываются в водоемы в расчете на разбавление и самоочищение внутри водного объекта |

Сточные воды производственных предприятий, содержат как минеральные, так и органические загрязнения с разной концентрацией и опасны для окружающей среды в большей степени. Поэтому перед сбросом очищаются до уровней, предусмотренных проектом допустимых сбросов, который разрабатывает предприятие и согласовывает с надзорным органом.

Хозяйственно-бытовые сточные воды

Хозяйственно-бытовые сточные воды образуются в процессе жизнедеятельности человека, в том числе в результате использования санузлов, душевых, бань, прачечных, больниц и столовых.

Загрязнения таких вод делят на два типа:

1. Фекальные — загрязнения, связанные с жизнедеятельностью человека как биологического организма;
2. Хозяйственные — загрязнения хозяйственными отходами и моющими средствами.

Поступление и обработка таких вод относительно постоянны по времени и по объему.

Такие воды признаются сильно загрязненными, содержат более сотни видов микроорганизмов, так как загрязнение носит животное или растительное происхождение. Так как среди микроорганизмов присутствуют патогенные — это опасная в эпидемиологическом отношении часть загрязнений. Поэтому обеззараживание и отведение этого вида сточных вод контролируется.

В частности, МУ 2.1.5.800-99 «Организация госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод. Методические указания» устанавливает ряд нормативных показателей, обеспечивающих безопасность отведения хозяйственно-бытовых вод и подлежащих контролю. Для контроля за соблюдением установленных требований выполняют микробиологический и паразитологический анализ сточных вод.

Атмосферные (ливневые) сточные воды

Атмосферные (ливневые) сточные воды — это стоки, образующиеся в результате атмосферных осадков, и подразделяются на дождевые и талые. Также образуются в результате смыва примесей поливочной водой.

Этот вид характеризуется эпизодичностью и характеризуется неоднородностью по объему и концентрации загрязнений.

Часть загрязнений приходится на твердые (взвешенные) частицы и нефтепродукты.

Так как ливневые сточные воды с предприятий, образованные в результате загрязнения атмосферных осадков при контакте с конструкциями и территорией, содержат специфические примеси, вредные для окружающей среды — они также учитываются и контролируются. Регулярное проведение анализа вод ливневых систем — способ не нарушать установленные нормы.

На загрязненность поверхностного стока влияют факторы, показанные на рисунке.



Рисунок 3 — Факторы загрязнения ливневого стока

Ознакомившись с особенностями и различиями сточных вод, давайте рассмотрим, какие методы очистки применяют при работе с ними.

Методы механической очистки

Как правило, механическая очистка — это первый этап очистки сточных вод.

Использование механической очистки как самостоятельного метода, возможно в тех случаях, когда осветленная вода будет после использования в технологических производственных процессах или отведена в водоемы без оказания вредного воздействия.

Механическая очистка относится к грубым методам и используется для удаления из воды загрязняющих частиц больше 0,1 мм. Как правило, эта группа методов основывается на извлечении осевших или взвешенных нерастворимых частиц.

В связи с тем, что загрязняющие частицы различаются по физическим характеристикам (размер, физико-химические свойства) и концентрации, методы механической очистки подразделяются на виды, представленные на рисунке 4.



Рисунок 4 — Методы механической очистки сточных вод

Процеживание, фильтрование и отстаивание — более простые методы механической очистки, а применение дисковых фильтров и центрифугирование — более сложные.

Свойства перечисленных методов обобщены в таблице 3.

Таблица 3 — Характеристика методов механической очистки сточных вод

| Метод механической очистки | Характеристика метода |
|----------------------------------|---|
| Процеживание | Сточные воды пропускаются через решетки и сетки (как правило металлические) с требуемым размером ячеек, в результате чего задерживаются механические частицы (камни, пластиковые бутылки) и биологические фрагменты (ветки, листья) соответствующего ячейкам размера. |
| Фильтрование | Вода пропускается через перегородки, заполненные засыпным наполнителем или пористым материалом, которые задерживают дисперсную фазу. |
| Отстаивание | В основе метода лежит использование силы тяжести, под воздействием которой частицы оседают на дне отстойника или песколовки. Верхний очищенный слой воды переливается в следующую камеру, оставляя в первой загрязнения. Далее процесс повторяется. |
| Дисковые фильтры | Дисковые фильтры представляют собой «пакет» цилиндрической формы из полимерных дисков, попадая в который сточные воды очищаются от механических примесей. |
| Центрифугирование (гидроциклоны) | В этом методе происходит разделение фракций твердых частиц во вращающемся потоке жидкости. |

Химические и физико-химические методы очистки

Группа методов, представленная на рисунке 5, используется для очистки от растворенных и взвешенных веществ.

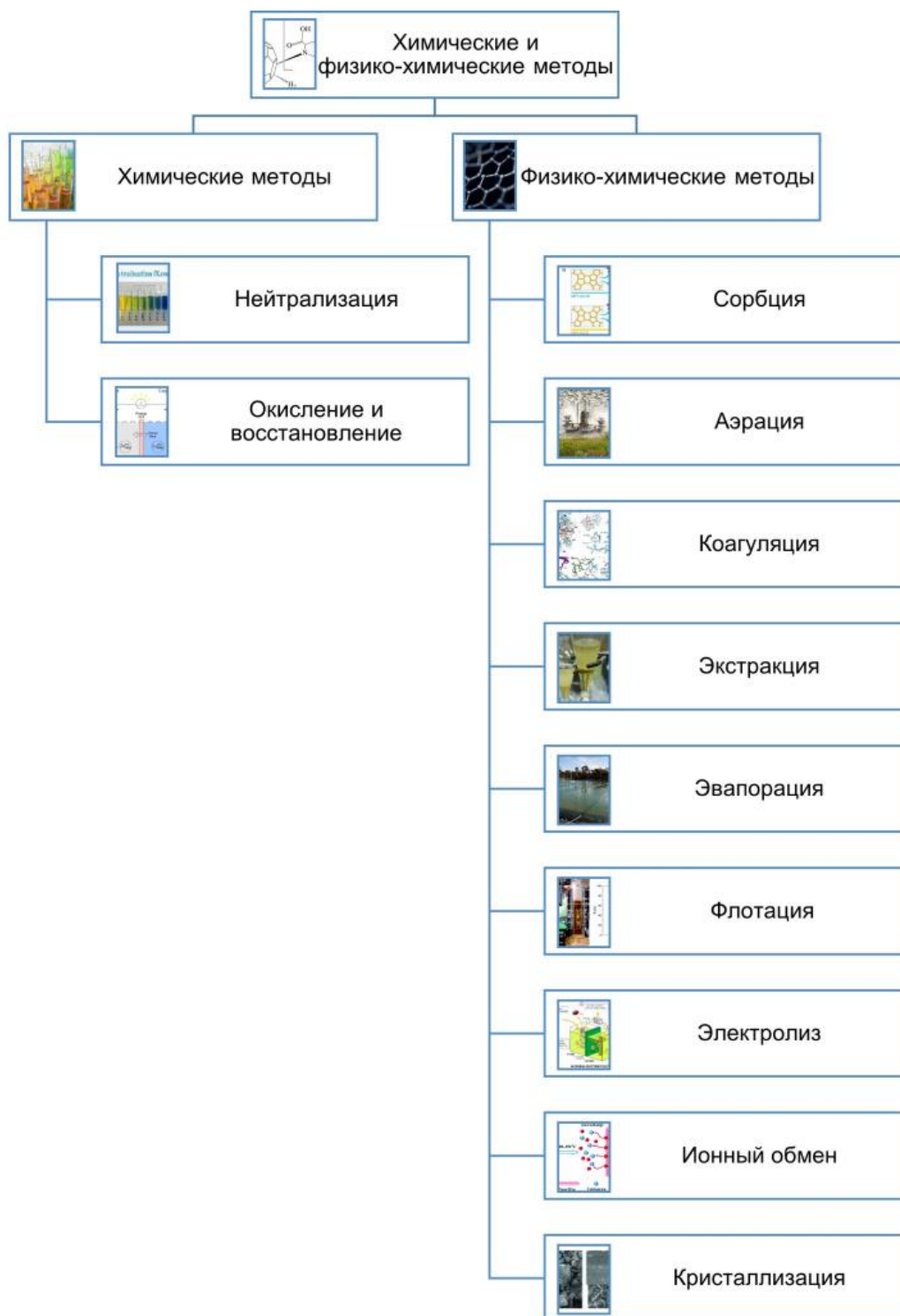


Рисунок 5 — Химические и физико-химические методы очистки сточных вод

Рассмотрим эти методы подробнее.

Физико—химические методы очистки сточных вод

К физико—химическим методам очистки сточных вод относятся сорбция, аэрация, коагуляция, экстракция, эвапорация, флотация, электролиз, ионный обмен, кристаллизация. К химическим методам — нейтрализация, окисление и восстановление.

Рассмотрим методы первой группы:

Таблица 4 — Физико—химические методы очистки

| Методы очистки | Характеристика метода |
|----------------|--|
| Сорбция | Сорбент (твердое тело) погружается в воду с растворенными загрязняющими веществами и поглощает их. |
| Экстракция | В основе метода лежит способность отдельных видов загрязнений растворяться в жидкости, не смешивающейся со сточными водами (например, гексан). При добавлении такой жидкости в сточные воды, загрязнения переходят в нее. При последующем удалении последней из сточных вод, загрязненность стоков уменьшается. Этим методом удаляют фенолы и жирные кислоты. |
| Аэрация | Метод удаляет летучие вещества, такие как сульфиды, сероводород, а также поверхностно—активные вещества (ПАВ) за счет окисления кислородом и перевода поллютантов в газовую фазу. |
| Флотация | Загрязнения удаляются за счет насыщения воды крошечными пузырьками воздуха, к которым прилипают частицы-загрязнители (нефтепродукты, жиры, волокна) и вместе с пузырьками всплывают на поверхность. |
| Коагуляция | Коагулянты (сернокислородное, сернистокислородное, хлорное железо, сернокислый алюминий, алюминат натрия) при добавлении в воду образуют гелеобразные хлопья гидроксида железа и алюминия которые захватывают коллоидные взвешенные частицы в сточной воде и оседают на дно. Для ускорения коагуляции в воду добавляются флокулянты (например, полиакриламид, активированная кремниевая кислота) за счет которых хлопья укрупняются и упрочняются. Для удаления органических примесей используют активный ил, а сам процесс носит название биокоагуляции. |
| Ионный обмен | Очистка воды производится за счет процесса обмена между ионами, находящимися в сточной воде, и ионами, присутствующими на поверхности твердой фазы—ионита. С помощью этого метода извлекаются ценные примеси, такие как цинк, хром, медь, свинец, ртуть и другие металлы, а также соединения фосфора и мышьяка, ПАВ и радиоактивные вещества. |
| Эвапорация | При использовании метода загрязнения отгоняют вместе с циркулирующим водяным паром. Отделение загрязнений производят затем раствором щелочи. Метод применяется для удаления летучих веществ. |
| Кристаллизация | Метод построен на выделении твердой кристаллической фазы из растворов, расплавов и газов. При изменении температуры загрязненных вод получают перенасыщенные растворы находящихся в них веществ, которые затем преобразуются в кристаллы. |
| Электролиз | Этим методом разрушают органические вещества за счет электрохимического окисления на аноде или регенерируют кислоты, щелочи, металлы. |

Химические методы очистки сточных вод

Химическая водоочистка основана на химических реакциях реагентов с загрязняющими веществами в водном растворе и обезвреживании последних путем перевода в неопасные соединения или связывании поллютантов в нерастворимые комплексы. Химические процессы при очистке воды идут с одинаковой скоростью в произвольном объеме жидкости, потому этот метод считается производительным. Химическая очистка на предприятиях лежит в основе обеспечения оборотного водоснабжения и обезвреживания промышленных вод.

Характеристика методов химочистки представлены в таблице.

Таблица 5 — Характеристика методов химической очистки

| Методы очистки сточных вод | Характеристика метода |
|----------------------------|---|
| Нейтрализация | При использовании метода оптимизируют <u>кислотно-щелочной баланс</u> на основе протекания реакции нейтрализации между кислотой и щелочной средой с образованием солей. |
| Окисление | За счет действия хлора и его соединений, проявляющих сильные окислительные свойства, происходит изменение форм целевых веществ. Погибают патогенные микроорганизмы, токсичные органические вещества окисляются и переходят в менее вредные. |
| Восстановление | На основе метода подготавливаются окисленные формы токсичных хрома, мышьяка, ртути, металлов свинца и никеля в молекулярное состояние с целью дальнейшего отделения с помощью методов коагуляции, флотации, отстаивания и связывания на фильтрах для химической очистки воды. |

Методы биологической очистки

Биоочистка основана на использовании жизнедеятельности микроорганизмов (бактерий). Бактерии очищают за счет окисления органических веществ, находящиеся в загрязненных водах в растворенном состоянии. Биохимическим методом удается освободиться от органических загрязнений, остающихся в воде после механической очистки на 90% и выше.

Сооружения (станции) для биоочистки классифицируют на два вида:

1. Биостанции, в которых биологическая очистка осуществляется в условиях, близких к естественным (например, в биопрудах, полях орошения или фильтрации). Процесс очищения происходит медленно за счет запаса кислорода в воде биологических прудов и в почве, а также в результате деятельности микроорганизмов—минерализаторов, которые окисляют органические загрязнения.

2. Очистительные сооружения, в которых очистка вод осуществляется в искусственно контролируемой среде (например, аэротенки и биологические фильтры). В этих установках создаются условия, ускоряющие процесс биоочистки.

Очищенная вода перед спуском в водоемы окончательно дезинфицируется, для того чтобы уничтожить оставшиеся патогенные микроорганизмы.

Особенности очистки сточных вод для предприятий разных отраслей

Объемы потребления и отведения сточных вод, виды загрязнений, направления анализа сточных вод, контролируемые показатели, используемые методы очистки и оборудование определяются отраслью и интенсивностью производства.

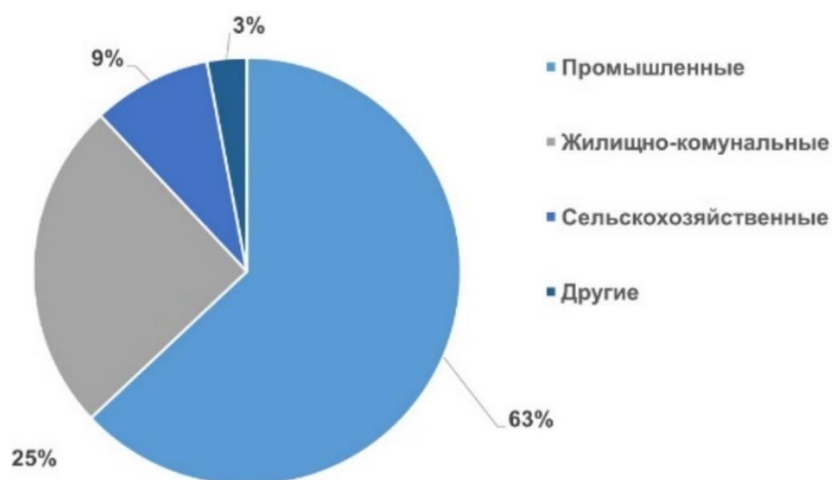


Рисунок 6 — Распределение сточных вод по отраслям

В городах с развитой промышленностью 63% потребления и загрязнения воды приходится на предприятия и организации. Рассмотрим особенности применяемых методов очистки сточных по отраслям хозяйствования.

Особенности отведения сточных вод в нефтеперерабатывающей промышленности

Нефтесодержащие сточные воды — серьезный источник долгосрочного загрязнения водоемов. Вещества, содержащиеся в нефти (углеводороды, органические кислоты), образуют на воде пленку, нарушающую газообмен между водоемом и атмосферой, что приводит к гибели водных организмов от дефицита кислорода.

Качество и состав сточных вод объектов нефтепереработки регламентируется нормативными документами, в которых приведены предельно допустимые концентрации (ПДК) нефтепродуктов и сопутствующих минеральных и органических соединений.

Комплексы очистных сооружений на предприятиях нефтепереработки очищают нефтесодержащие воды в следующей последовательности:

Таблица 6 — Этапы очистки воды на нефтеперерабатывающих предприятиях

| Этап очистки | Группа методов | Удаляемые загрязнения | Методы/оборудование |
|--------------|---------------------------|---------------------------------------|---|
| 1 | Механическая очистка | Грубодисперсные примеси и нефтешленки | Нефтешловушки, песколовки, гидроциклоны Отстойники дополнительного отстоя |
| 2 | Физико-химическая очистка | Коллоидные и растворенные соединения | Флотация, адсорбция, коагуляция и флокуляция |
| 3 | Биохимическая очистка | Растворенные органические соединения | Аэротенки и отстойники |
| 4 | Обеззараживание | Патогенные организмы | Озонирование, ультрафиолетовое обеззараживание |

Особенности отведения сточных вод на текстильных предприятиях

Особенность сточных вод предприятий текстильной промышленности — содержание в них красителей, реагентов, примесей, соединений тяжелых металлов, СПАВ (синтетически поверхностно-активных веществ), волокон, вредных органических соединений и т.п.

Очищение сточных вод на текстильных предприятиях основывается на применении методов механической, химической и биологической очистки. В зависимости от особенностей производства, механическая и химическая очистка могут применяться как для итоговой очистки перед спуском в водоем, так и в качестве предварительной очистки. Применяется механическая очистка вод путем флотационной очистки с предварительной химической обработкой сточных вод. При этом достигается выделение 90–95% взвешенных веществ; биохимическое потребление кислорода (БПК) при этом снижается на 20–50%, а цветность до 50% и более.

Характеристика сточных вод прачечных предприятий и автомоек

В ходе работы прачечного хозяйства и автомоек образуется большое количество сточных вод. В составе содержатся ПАВ, в том числе анионные (АПАВ) и неионогенные синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) (моющие средства, детергенты, отбеливатели), взвешенные вещества (в том числе эмульгированная грязь), соли жесткости, красители, нефтепродукты, механические частицы и волокна ткани.

Концентрация загрязнений в сточных водах таких предприятий превышает в 2–3 раза загрязнения в составе вод городских канализаций.

Еще одна отличительная особенность — то, как при смешении вод, сливаемых с прачечных и автомоек с городскими канализационными стоками, появляется стойкое пенообразование. СПАВ, попадающие на городские очистные сооружения, затрудняют работу отстойников, повышают нагрузку на очистные сооружения и снижают степень очистки хозяйственно-бытовых стоков подавляя, в том числе, микробиологическую деятельность.

Методы очистки и конкретные технологии для стоков автомоек и прачечных подбираются с учетом специфики загрязняющих веществ.

Особенности отведения сточных вод на животноводческих и птицеводческих фермах

30% потребления воды и отвода стоков занимает сельское хозяйство. Водные ресурсы используются для снабжения фермерских хозяйств, орошения земель и т.д.

Сельскохозяйственные сточные воды содержат до 10 граммов на литр химических компонентов опасных для живых организмов. Помимо этого, в них часто содержатся частицы грунта.

В составе сточных вод содержатся неорганические (калий, фосфор, азот) и органические (удобрения, пестициды, фунгициды, гербициды и инсектициды) компоненты. Эти вещества опасны и вызывают отравления вплоть до летального исхода.

Воды, отводимые животноводческими и птицеводческими комплексами, характеризуются микробным и органическим загрязнением. Для оценки степени и состава загрязнения может проводиться микробиологический и паразитологический анализ сточных вод.

При подготовке этих сточных вод к обеззараживанию должно быть предусмотрено отстаивание с последующей очисткой. Очистка воды предприятий данного направления регулируется МУ 2.1.5.800-99 «Организация госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод. Методические указания».

Вывод

Сегодня предприятиям и организациям доступен внушительный набор методов для очистки сточных вод. Для сохранения экологии, соблюдения установленных нормативов по загрязнению, предприятия должны выбирать наиболее эффективные методы очистки и следить за показателями регулярно проводя анализ сточных вод и регулируя процессы и степень очистки исходя из требования и нагрузки на экосистемы.

Литература

1. Вайцель А.А. Механические методы очистки сточных вод // Наука, образование и культура. — 2019. — № 3(37). — С. 13-14
2. Дружинская О.И. Анализ технологий и методов очистки сточных вод текстильного производства // В сборнике: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (инновации-2018). Сборник материалов международной научно-технической конференции. 2018. с. 109-111.
3. Иванов Д.Б., Уралева А.И. Методы очистки нефтесодержащих сточных вод // Наукосфера — 2021. — № 71. — 175-180.
4. Роствинская В.С. Изучение методов очистки сточных вод // Трибуна ученого. — 2020. — № 7. — с. 78-84.