

**В.А. Пашинин<sup>1</sup>, А.В. Павлов<sup>2</sup>, В.В. Татаринов<sup>2</sup>**  
(<sup>1</sup>МИИТ, <sup>2</sup>МГТУ им. Н.Э. Баумана; e-mail: pashininmiit@yandex.ru)

## **МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ С СИСТЕМОЙ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ**

*Предложена методика разработки блочно-модульной установки для очистки и обезвреживания сточных вод и источников водоснабжения от нефтепродуктов с системой автоматического оперативного контроля качества воды. Разработана установка, позволяющая получать воду, пригодную для использования в системах технического водоснабжения и сброса в естественные водоёмы при любом загрязнении воды нефтепродуктами.*

*Ключевые слова: очистка сточных вод, обезвреживание, блочно-модульная установка, оперативный контроль качества, нефтепродукты.*

**V.A. Pashinin, A.V. Pavlov, V.V. Tatarinov**

## **METHODOLOGY OF DEVELOPMENT OF INSTALLATIONS FOR CLEANING AND NEUTRALIZATION OF WASTE WATER FROM OIL PRODUCTS WITH THE SYSTEM OF WATER QUALITY MONITORING**

*A method of development of the block-modular installations for cleaning and neutralization of waste water and water sources from oil products with automatic operational control of water quality are offered. An installation has been developed, allowing to receive water, suitable for use in the systems of technical water supply and discharge into natural water bodies at any pollution of water by oil products.*

*Key words: wastewater treatment; neutralization; block-modular installation; operational control of the quality; oil products.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 12 января 2014 г.

В настоящее время особое внимание уделяется вопросу рационального использования природных ресурсов. Одним из основных используемых природных ресурсов является вода. Разумное комплексное потребление воды в условиях постоянно увеличивающихся объёмов её расходования становится сложной технологической, технической и экономической задачей. Рациональное использование воды во многих технологических процессах включает в себя несколько направлений:

- снижение удельного потребления воды;
- организация оборотного водопотребления;
- применение технологических схем и оборудования для очистки воды, которые бы требовали минимального расхода пополняемой воды и не загрязняли окружающую природную среду;
- разработка научно обоснованных норм расхода воды;
- расширение использования сточных вод;
- повышение эффективности очистки сточных вод;

- совершенствование технологических процессов в направлении более полного использования отходов производства для уменьшения потребности в очистных сооружениях.

Нефтепродукты относятся к числу наиболее распространенных и опасных веществ, загрязняющих поверхностные воды. Нефть и продукты её переработки представляют собой чрезвычайно сложную, непостоянную и разнообразную смесь веществ (низко- и высокомолекулярные предельные, непредельные алифатические, нафтеновые, ароматические углеводороды, кислородные, азотистые, сернистые соединения, а также ненасыщенные гетероциклические соединения типа смол, асфальтенов, ангидридов асфальтеновых кислот). Понятие "нефтепродукты" в гидрохимии условно ограничивается только углеводородной фракцией (алифатические, ароматические, алициклические углеводороды).

Большие количества нефтепродуктов поступают в поверхностные воды при перевозке нефти водным путем, со сточными водами предприятий нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, химической, металлургической и других отраслей промышленности, с хозяйственно-бытовыми водами [1]. Некоторые количества углеводородов поступают в воду в результате прижизненных выделений растительными и животными организмами, а также в результате их посмертного разложения.

В результате протекающих в водоёме процессов испарения, сорбции, биохимического и химического окисления концентрация нефтепродуктов может существенно снижаться, при этом значительным изменениям может подвергаться их химический состав. Наиболее устойчивы ароматические углеводороды, наименее – *n*-алканы.

Нефтепродукты находятся в различных миграционных формах: растворенной, эмульгированной, сорбированной на твердых частицах взвесей и донных отложений, в виде пленки на поверхности воды. Обычно в момент поступления масса нефтепродуктов сосредоточена в пленке. По мере удаления от источника загрязнения происходит перераспределение между основными формами миграции, направленное в сторону повышения доли растворенных, эмульгированных, сорбированных нефтепродуктов. Количественное соотношение этих форм определяется комплексом факторов, важнейшими из которых являются условия поступления нефтепродуктов в водный объект, расстояние от места сброса, скорость течения и перемешивания водных масс, характер и степень загрязненности природных вод, а также состав нефтепродуктов, их вязкость, растворимость, плотность, температура кипения компонентов. При санитарно-химическом контроле определяют, как правило, сумму растворенных, эмульгированных и сорбированных форм нефти.

Фоновое содержание нефтепродуктов в речных, озерных, морских, подземных водах и атмосферных осадках колеблется в довольно широких пределах и обычно составляет сотые и десятые доли  $мг/дм^3$  [2].

Неблагоприятное воздействие нефтепродуктов сказывается различными способами на организме человека, животном мире, водной растительности, физическом, химическом и биологическом состояниях водоёма. Входящие в состав нефтепродуктов низкомолекулярные алифатические, нафтеновые и особенно ароматические углеводороды оказывают токсическое и, в некоторой степени, наркотическое воздействие на организм, поражая сердечно-сосудистую и нервную системы. Наибольшую опасность представляют полициклические конденсированные углеводороды, обладающие канцерогенными свойствами. Нефтепродукты обволакивают оперение птиц, поверхность тела и органы других гидробионтов, вызывая заболевания и гибель.

Отрицательное влияние нефтепродуктов, особенно в концентрациях  $0,001-10 \text{ мг/дм}^3$ , и наличие их в виде плёнки сказывается и на развитии высшей водной растительности и микрофитов, вода приобретает специфический вкус и запах, изменяется её цвет, pH, ухудшается газообмен с атмосферой.

ПДК<sub>в</sub> нефтепродуктов составляет  $0,3 \text{ мг/дм}^3$  (лимитирующий показатель вредности – органолептический при сливе в сети канализации), ПДК<sub>вр</sub> –  $0,05 \text{ мг/дм}^3$  (лимитирующий показатель вредности – рыбохозяйственный). Наличие канцерогенных углеводородов в воде недопустимо.

На нефтетранспортных предприятиях сбор сточных вод и их очистку ведут в зависимости от нефтехимических примесей и способов их очистки. В сточных водах нефтетранспортных предприятий находятся нефть и нефтепродукты, которые после отделения от воды можно использовать в народном хозяйстве [3, 4].

Химические примеси, как, например, тетраэтилсвинец, отделяют специальными химическими методами. В этом случае целесообразно применять отдельный сбор сточных вод и комбинированную систему очистки.

Имея данные по расходам сточных вод, их подробную характеристику, в том числе и по содержанию примесей, а также требования к очищенной воде, по схеме можно отобрать для проверки несколько методов. На основании экспериментальных исследований, с учётом технико-экономических показателей, выбирают оптимальный метод очистки сточных вод.

Выбор метода очистки сточных вод предприятий зависит от многих факторов:

- количества сточных вод различных видов, их расходов, возможности и экономической целесообразности извлечения примесей из сточных вод;
- требования к качеству очищенной воды при её использовании для повторного и оборотного водоснабжения и сброса в водоём, мощности водоёма, наличия районных или городских очистных сооружений [5].

Основными методами очистки воды от нефтепродуктов (масла, топливо, ароматические углеводороды, серосодержащие вещества и др.), являются:

**коагуляция** – это процесс укрупнения дисперсных частиц в результате их взаимодействия и объединения в агрегаты;

**флотация** – это сложный физико-химический процесс, заключающийся в создании комплекса частица-пузырек воздуха или газа, всплывании этого комплекса и удалении образовавшегося пенного слоя;

**напорная флотация** – этот вид очистки сточных вод выполняется в две стадии: насыщение воды воздухом под давлением; выделение пузырьков воздуха соответствующего диаметра и всплытие взвешенных и эмульгированных частиц примесей вместе с пузырьками воздуха;

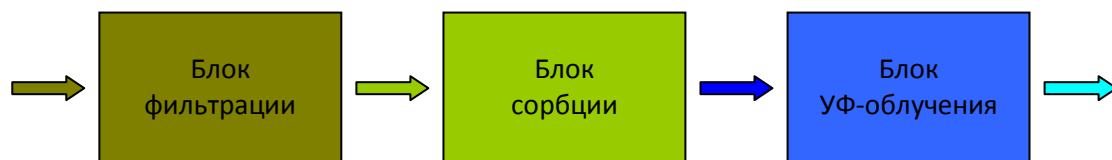
**сорбция** – это процесс поглощения вещества из окружающей среды твердым телом или жидкостью. Сорбция представляет собой один из наиболее эффективных методов глубокой очистки сточных вод от растворенных органических веществ;

**биологический метод** – этот метод основан на способности микроорганизмов использовать разнообразные вещества, содержащиеся в сточных водах, в качестве источника питания в процессе их жизнедеятельности. Задачей биологической очистки является превращение органических загрязнений в безвредные продукты окисления –  $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$  и др. Процесс биохимического разрушения органических загрязнений в очистных сооружениях происходит под воздействием комплекса бактерий и простейших микроорганизмов, развивающихся в данном сооружении.

Из приведенных методов для создания водоочистного устройства подходят все перечисленные методы, за исключением биологического, при котором процесс очистки воды занимает длительное время.

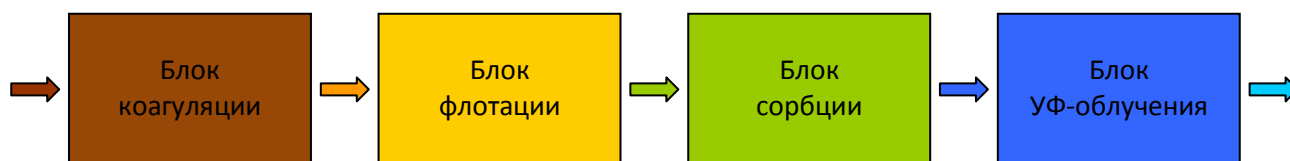
При наличии в сточных водах следов металлов, например железа, можно произвести очистку от этих компонентов, установка комплектуется дополнительными узлами.

Если из исходной воды необходимо удалить нефтепродукты в небольших количествах (до 30 мг/л), то технологическая схема водоочистного устройства примет вид, показанный на рис. 1.



**Рис. 1.** Технологическая схема устройства для очистки небольших количеств нефтепродуктов

Для удаления из воды больших количества нефтепродуктов и взвешенных веществ наиболее целесообразно выбрать технологическую схему водоочистного устройства, приведенную на рис. 2.



**Рис. 2.** Технологическая схема устройства для очистки любых количеств нефтепродуктов

Водоочистное устройство, работающее по данной технологической схеме, может очищать воду до показателей, соответствующих воде питьевого качества.

Чтобы решить задачу очистки воды, необходимо провести работу по формированию рациональной блочно-модульной установки.

Исходя из вышеперечисленного, становится очевидной актуальность работы по созданию технологий и аппаратов, которые повысили бы эффективность очистки сточных вод от нефтепродуктов, позволили бы вторично использовать сточные воды, тем самым уменьшая потребность предприятий в природной воде, а также обеспечить сброс сточных вод в естественные водоёмы без нарушения экологического законодательства.

Выбор оптимальных технологических схем очистки воды – достаточно сложная задача, что обусловлено многообразием находящихся в воде примесей и высокими требованиями к качеству очистки.

При создании очистных сооружений основным показателем являются их производительность и состав системы очистки сточных вод. Проектирование системы очистки сточных вод от нефтепродуктов должно осуществляться с учётом необходимости использования наилучших доступных технологий в области промышленной очистки сточных вод, прогрессивных технологических решений, автоматизации технологических процессов.

Выбор блоков для конкретного водоочистного устройства зависит от:

- общих физико-химических показателей качества воды;
- органолептических показателей качества воды;
- бактериологических и паразитологических показателей воды;
- радиологических показателей качества воды;
- неорганических примесей в воде;
- органических примесей в воде;
- обеззараживающих средств и продуктов обеззараживания в воде.

Основными критериями при выборе блока для очистки воды являются перечень загрязнителей, их концентрации в исходной воде и показатели этих загрязнителей, которые необходимо достичь в очищенной выбранным набором блоков воде. Набор блоков является основой выбора технологии очистки и, соответственно, определяет структуру построения водоочистного устройства в целом.

При наличии в воде всего перечня загрязнителей (что можно представить лишь гипотетически) наиболее целесообразной выглядит следующая последовательность размещения блоков в технологической схеме установки:

- блок фильтрации (блок коагуляции);
- блок флотации;
- блок ионного обмена (обезжелезивания, осветления);
- блок обратного осмоса (нанофильтрации);
- блок сорбции;
- блок широкополосного УФ-облучения.

Количество блоков, входящих в состав водоочистного устройства, зависит от перечня удаляемых загрязнений и требуемой степени очистки от них.

При всех преимуществах данной технологической схемы, позволяющих решать самые сложные проблемы очистки воды, она является наиболее энергоёмкой и требует хорошей водоподготовки для увеличения ресурса обратноосмотических мембран. Применение данной технологии для получения воды, пригодной для сброса в естественные водоёмы, целесообразно только в том случае, когда другие методы не обеспечивают решение этой задачи.

Технологическая схема, в которой использовались бы все 6 блоков одновременно, невозможна, так ряд блоков решают одинаковые задачи по удалению из воды загрязнений. В этом случае выбирается блок, эксплуатация которого наиболее выгодна с учётом принципа "эффективность – качество".

Для гарантированной очистки воды от нефтепродуктов необходимо использовать **модульный принцип построения** системы очистки, включающий следующие модули (блоки):

- блок механической очистки;
- блок флотации;
- блок сорбционной очистки;
- блок очистки УФ – облучением.

Если из исходной воды необходимо удалить нефтепродукты **в небольших количествах** (до 30 мг/л), то водоочистное устройство может состоять из следующих блоков:

- блок флотации;
- блок сорбции;
- блок УФ-облучения.

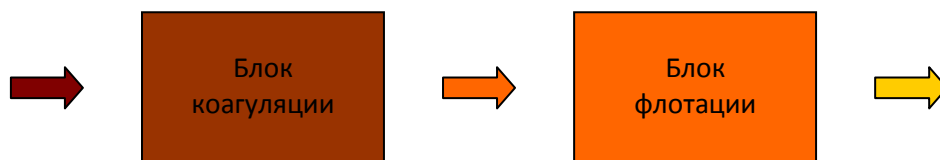
Для удаления из воды **большого количества** нефтепродуктов и взвешенных веществ наиболее целесообразно выбрать приведенный ниже список блоков водоочистного устройства:

- блок коагуляции;
- блок флотации;
- блок сорбции;
- блок УФ-облучения.

Водоочистное устройство, работающее по данной технологической схеме, может очищать воду до показателей, соответствующих воде, пригодной для сброса в естественные водоёмы.

Применение данных водоочистных устройств позволит более рационально использовать водные ресурсы, применяющиеся во многих технологических процессах, и исключить штрафы за сброс недостаточно очищенных вод в городскую канализацию, естественные водоёмы или на рельеф местности.

Беря за основу установку "Мойдодыр-М-КФ" (рис. 3) [6], рассмотрим, какие изменения надо произвести, чтобы новая установка имела оптимальную комплектацию, позволяющую получать воду, пригодную для использования в системах технического водоснабжения и сброса в естественные водоёмы при любом загрязнении воды нефтепродуктами.



**Рис. 3.** Технологическая схема установки "Мойдодыр-М-КФ"

Примерный перечень конструктивных и технологических изменений состоит в следующем.

1. Блок коагуляции – его конструкция полностью соответствует своему назначению и позволит удалить из воды нерастворенные нефтепродукты и взвешенные вещества.

2. Блок флотации – данная конструкция обеспечивает удаление из воды как оставшейся части нерастворенных, так и основной массы растворенных нефтепродуктов.

3. Блок сорбции – необходимо добавить в конструкцию установки, обеспечив поток воды в направлении сверху вниз с линейной скоростью не более 5 м/ч. В качестве сорбирующей загрузки предлагается использовать активированный уголь АГ-3 с фракционным составом 1-2 мм. В качестве подложки предлагается использовать кварцевый песок или дробленый антрацит с фракцией 3-5 мм.

4. Блок УФ-облучения – необходимо добавить в конструкцию, оснастив его лампой высоко-интенсивного импульсного облучения ИНП-7/80 или ИНП-16/250 в зависимости от производительности установки.

5. Система дозирования коагулянта – комплектация позволяет дозировать коагулирующий раствор с требуемой производительностью, проводить в ходе работы установки её корректировку. В состав 100 л коагулирующего раствора включить:

Аква-аурат-30 – 4 кг;

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> – 2 кг.

Для предотвращения появления запаха в блоках коагуляции и флотации особенно в теплое время года в коагулирующий раствор необходимо добавить 1 л дезинфицирующего средства "Дезофран", которое не влияет на процесс коагуляции.

6. Система пенообразования – комплектация позволяет осуществлять процесс напорной флотации при давлении от 2 до 4 атм.

7. Система пеноудаления – комплектация позволит производить удаление пены в блоке флотации.

8. Блок управления – должен обеспечивать полную автономность работы установки, включая контроль качества воды после каждого блока.

9. Датчик системы контроля качества – предусмотреть размещение датчиков на входной и выходной магистралях и на выходе из каждого блока установки.

10. Обвязка установки – должна обеспечивать поток воды согласно технологической схеме, возможность перекрывать поток воды от блока к блоку по сигналу с блока управления при неудовлетворительном качестве воды на выходе из блока и направлять воду на повторную очистку в данном блоке.

Примерный общий вид модернизированной установки приведен на рис. 4.

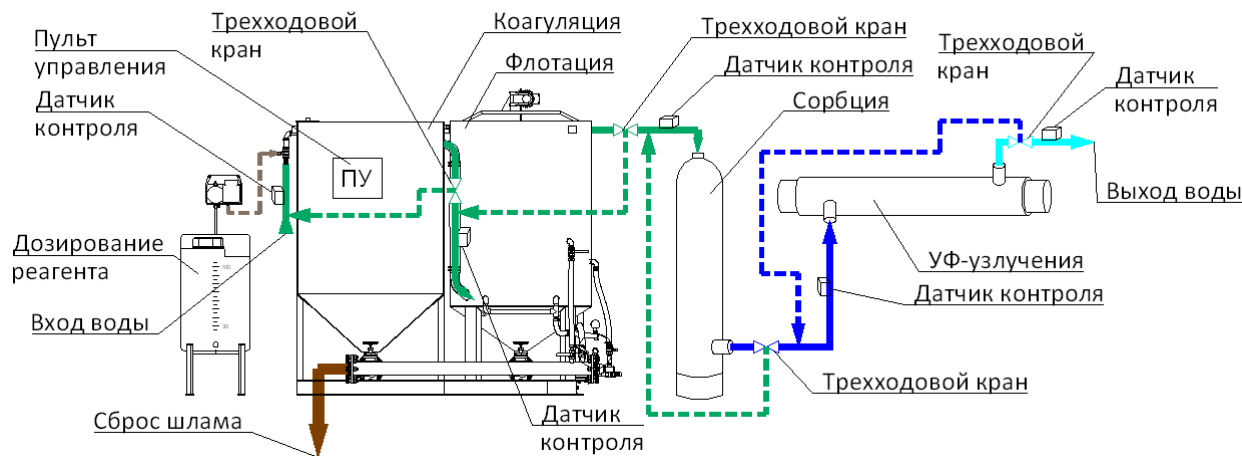


Рис. 4. Примерный общий вид установки для очистки воды

## Выводы

На основе анализа возможного содержания в воде нефтепродуктов и других сопутствующих загрязнений предложена универсальная технология очистки воды с содержанием их в любых количествах.

На основе очистной установки серии "Мойдодыр-Л(Н)-Ф", предназначенной для очистки производственных и поверхностных сточных вод, разработана блочно-модульная установка для очистки и обезвреживания сточных вод и источников водоснабжения от нефтепродуктов, содержащая систему автоматического оперативного контроля качества воды по заданным параметрам в различных точках технологического процесса водоочистки, позволяющая получать воду, пригодную для использования в системах технического водоснабжения и сброса в естественные водоёмы при любом загрязнении воды нефтепродуктами.

Предлагаемая методика может быть использована при создании блочно-модульных водоочистных установок под конкретные задачи для очистки и обезвреживания сточных вод.

## Литература

1. Карелин Я.А., Попова И.А., Евсеева Л.А. и др. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов. М.: Стройиздат, 1982.
2. Роев Г.А. Очистные сооружения. Охрана окружающей среды. М.: Недра, 1993.
3. Стахов Е.А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов. Л.: Недра, 1983.
4. Роев Г.А., Юфин В.А. Очистка сточных вод и вторичное использование нефтепродуктов. М.: Недра, 1987.
5. Очистка производственных сточных вод: учеб. пос. для вузов / Под. ред. Яковлева С.В. М: Стройиздат, 1985.
6. Кочетов Л.М., Павлов А.В. Паспорт очистной установки "Мойдодыр-Л(Н)-Ф-6" для систем оборотного водоснабжения // ЗАО "Концерн "Мойдодыр", 2009. С. 4-10.