

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

**Х.О. Иброхимов**

Магистрант, Ташкентский государственный транспортный университет

**А.С. Ибадуллаев**

Профессор, Ташкентский государственный транспортный университет

**А.Х. Суванкулов**

Научный исследователь, Ташкентский государственный транспортный университет

**У.Р. Чоршанбиев**

Доцент, Ташкентский государственный транспортный университет

**Г.Ш. Аbruева**

Ташкентский государственный транспортный университет, студент

[hayrulloibrohimov5@gmail.com](mailto:hayrulloibrohimov5@gmail.com)

**Аннотация:** В настоящее время проблема очистки сточных вод, загрязнённых нефтепродуктами, приобретает особую актуальность. Необходимо обеспечить рациональное использование, сохранение и охрану данного природного ресурса. В современных условиях существуют различные методы определения содержания нефтепродуктов в сточных водах, а также способы их нейтрализации и

обеззараживания.

**Ключевые слова:** механические, физико-химические, биологические методы, факторный подход, адаптивность, переработка нефти, микроорганизмы, живые организмы.

**Основная часть.** Проблема очистки сточных вод, загрязнённых нефтепродуктами, в настоящее время является одной из наиболее важных экологических проблем. В современных городах в результате стремительного увеличения количества транспортных средств нефтепродукты, накапливающиеся на дорожном покрытии, смываются в процессе выпадения осадков и таяния снега, попадают в системы сточных вод и в дальнейшем распространяются в природной среде. Данное явление оказывает отрицательное воздействие на качество водных ресурсов и приводит к нарушению экологического равновесия. Источники пресной воды имеют важное значение не только для удовлетворения потребностей населения, но и для обеспечения жизнедеятельности различных живых организмов. В связи с этим защита водных объектов от загрязнения нефтепродуктами и их эффективная очистка являются одной из актуальных задач. В настоящее время существуют различные технологические методы определения концентрации нефтепродуктов в сточных водах, а также способы их нейтрализации и обеззараживания. Выбор метода очистки зависит от степени загрязнения, источника загрязнения и количества нефтяных отходов. При очистке сточных вод, загрязнённых нефтью и её производными, в основном применяются следующие методы: механические, физико-химические, биологические и химические.

**Механическая очистка.** Одним из наиболее простых и экономически эффективных способов очистки сточных вод от нефтепродуктов является механическая очистка. Данный метод обладает высокой эффективностью при удалении из воды крупных и вязких маслянистых частиц. Процесс механической очистки включает несколько вспомогательных способов, в том числе статическое и

динамическое отстаивание, разделение на основе центробежной силы с использованием гидроциклонов, а также механическую фильтрацию.

В процессе отстаивания частицы, содержащиеся в воде, разделяются в зависимости от их плотности. Твёрдые и органические вещества, плотность которых выше плотности воды, под действием силы тяжести оседают на дно сооружения, тогда как нефтепродукты с меньшей плотностью поднимаются на поверхность воды. Данный принцип широко применяется в пескоуловителях, жиро- и бензоуловителях.

*Расчет скорости всплытия нефтяных частиц (по закону Стокса)*

$$v = \frac{g(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{н}})d^2}{18\mu} \quad (1)$$

где:  $v$  — скорость всплытия нефтяной капли (м/с);  $g$  — ускорение свободного падения (9.81 м/с<sup>2</sup>);  $\rho_{\text{в}}$  — плотность воды (кг/м<sup>3</sup>);  $\rho_{\text{н}}$  — плотность нефти (кг/м<sup>3</sup>);  $d$  — диаметр нефтяной капли (м);  $\mu$  — динамическая вязкость воды (Па·с)

С конструктивной точки зрения отстойники подразделяются на статические и динамические. В статических отстойниках сточные воды удерживаются в неподвижном состоянии в течение определённого времени (обычно 6–24 часа). В результате нефтепродукты накапливаются на поверхности воды и удаляются через специальные трубопроводы. Такие сооружения часто применяются на нефтеперерабатывающих предприятиях.

В динамических отстойниках процесс очистки осуществляется при непрерывном движении воды. Образующийся осадок удаляется с помощью специальных насосов. На практике широко используются горизонтальные и вертикальные динамические отстойники. Основным преимуществом механического отстаивания является простота конструкции и относительно низкая стоимость, однако его недостатком является необходимость последующей дополнительной очистки воды.

Ещё одним методом механической очистки является отделение нефтепродуктов

с помощью гидроциклонов. Данная технология применяется для очистки неустойчивых эмульсий и основана на использовании центробежной силы для разделения частиц. В результате тяжёлые частицы оседают в виде плотного осадка в нижней части аппарата, а очищенная вода выводится через дренажную систему. Размер гидроциклона оказывает существенное влияние на эффективность очистки. Однако при большом количестве механических примесей в воде производительность устройства может значительно снижаться. Ещё одним эффективным способом механической очистки является фильтрация с использованием специальных фильтров. Данный метод основан на способности пористых материалов удерживать жидкие углеводороды. В процессе фильтрации применяются зернистые материалы и тканевые мембраны: первые задерживают крупные частицы, а мембраны позволяют удалять мелкие и молекулярные загрязнения. На практике широко используются микрофильтры, рамочные фильтры и эластичные фильтры. Эластичные фильтры являются наиболее экономичными: нефтепродукты, не растворяясь в воде, накапливаются на поверхности фильтра в виде капель и удаляются с помощью специальных устройств. В таких фильтрах часто применяются полиуретановые пены, обладающие высокой прочностью и гидрофобными свойствами.

**Физико-химическая очистка.** При очистке сточных вод от нефтепродуктов физико-химические методы могут применяться как самостоятельно, так и в сочетании с другими способами. Данный подход основан на использовании физических и химических свойств нефтяных соединений, что позволяет эффективно отделять их из водной среды. Процесс очистки осуществляется с применением специальных средств, обеспечивающих выделение нефтяных компонентов из сточных вод при благоприятных условиях. Наиболее распространёнными методами являются коагуляция, флотация и сорбция.

Коагуляция представляет собой процесс укрупнения коллоидных и дисперсных частиц под действием молекулярных сил притяжения с образованием более крупных агрегатов. Активные коагулянты способствуют объединению мелких нефтяных

частиц и их последующему отделению из воды. При этом мелкие частицы органических веществ объединяются в более крупные агрегаты, называемые флоками, при помощи флокулянтов. Образовавшиеся крупные нефтяные скопления впоследствии удаляются механическими методами — фильтрацией или отстаиванием. Процесс коагуляции осуществляется путём добавления в сточные воды специальных химических реагентов — коагулянтов. На крупных очистных сооружениях в качестве коагулянтов чаще всего применяются различные соли железа и алюминия.

Флотация также широко используется среди физико-химических методов очистки. При данном методе коллоидные частицы нефтепродуктов прикрепляются к искусственно создаваемым пузырькам воздуха, поднимаются на поверхность воды и затем удаляются. Пузырьки могут образовываться различными способами: вакуумной, напорной или электро-флотацией. Применение электро-флотации позволяет значительно ускорить процесс отделения вредных веществ и повысить эффективность очистки. Сорбция является одним из наиболее эффективных методов физико-химической очистки. В процессе сорбции растворённые нефтяные соединения поглощаются поверхностью сорбента, установленного в фильтрующей системе. Наиболее широко применяемым сорбентом для удаления органических веществ из водных растворов является активированный уголь, обладающий пористостью 60–75 % и удельной поверхностью до 400–900 м<sup>2</sup>/г.

Расчет эффективности флотации:

$$\eta = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\% \quad 2)$$

где:  $\eta$  — эффективность очистки (%);  $C_0$  — начальная концентрация загрязняющего вещества (мг/л);  $C$  — концентрация загрязняющего вещества на выходе (мг/л)

Наряду с этим в качестве сорбентов могут использоваться и природные

материалы, такие как зола, торф и глина. Процесс сорбции основан на удержании молекул загрязняющих веществ на поверхности твёрдого материала с последующим их поглощением.

**Биологическая очистка.** Если вышеописанные методы очистки сточных вод не обеспечивают ожидаемого результата, применяются биологические методы. Основная сложность заключается в том, что многие микроорганизмы используют органические вещества в качестве источника питания. Если такие микроорганизмы функционируют в искусственных условиях или в биологических прудах, их активность необходимо поддерживать путём подачи воздуха с помощью компрессоров через систему канализации. Анаэробные бактерии, не использующие кислород, являются сравнительно более дешёвыми, однако их эффективность несколько ниже. В связи с этим биоремедиация рассматривается как перспективный и эффективный метод очистки. В ходе данного процесса вредные примеси преобразуются в природные и экологически безопасные соединения. В отличие от ранее рассмотренных методов, биоремедиация играет важную роль в процессе очистки: микроорганизмы проникают в слой нефтяных загрязнений, используют их в качестве питательной среды и тем самым способствуют восстановлению газообмена. Специально подобранные бактерии способны эффективно функционировать не только в пресной, но и в солёной воде. Вместе с тем следует отметить, что в настоящее время невозможно полностью предсказать, какое влияние микроорганизмы могут оказать на природную среду в долгосрочной перспективе.

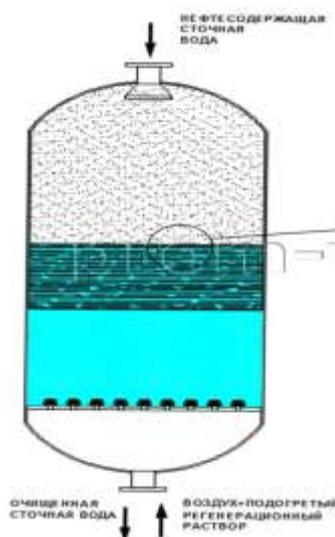
**Химическая очистка.** При очистке сточных вод от нефтепродуктов химические методы основаны на нейтрализации загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах, с помощью различных реагентов. Данные методы включают несколько процессов: нейтрализацию, окисление, восстановление и коалесценцию.

Нейтрализация — это процесс превращения кислот и щелочей в биологически или химически безопасные вещества. Если сточные воды имеют кислую или

щелочную реакцию, их можно нейтрализовать с использованием таких веществ, как гидроксиды, каустическая сода, сода или известняк. В результате данного процесса вода приводится к безопасному уровню и подготавливается к последующим стадиям очистки

Окисление — это процесс, основанный на разрушении трудноудаляемых загрязняющих веществ в сточных водах с использованием окислительных реагентов. В процессе окисления активно применяются такие реагенты, как кислород, дихромат калия, гипохлорит натрия или кальция. С помощью восстановительных реакций соединения таких элементов, как хром, ртуть, мышьяк и другие восстановимые вещества, переводятся в безопасное состояние. В данном процессе используются такие реагенты, как диоксид серы, гидросульфит натрия, водород и сульфат железа. В результате реакции загрязняющие вещества выпадают в осадок и отделяются от воды [4].

Коалесценция — это процесс объединения эмульгированных нефтепродуктов и водной фазы. Мелкие капли дисперсной фазы объединяются, образуя более крупные капли, что облегчает их последующую фильтрацию или отделение. В процессе коалесценции могут применяться внешнее электрическое поле или специальные коалесцирующие фильтры, что способствует эффективному отделению эмульгированных нефтепродуктов.



### **Рисунок 1. Установка для очистки сточных вод от нефтепродуктов.**

Преимущество данного процесса заключается в том, что технологический процесс остаётся стабильным независимо от значительных колебаний расхода сточных вод и концентрации нефтепродуктов.

**Заключение.** Данная технология отличается простотой внедрения, эксплуатации и автоматизации. К её недостаткам относятся отсутствие очистки воды от твёрдых механических частиц и органических загрязнителей, отсутствие модуля доочистки, а также необходимость периодической регенерации или замены коалесцирующих элементов, что значительно усложняет процесс очистки и приводит к увеличению его стоимости.

Существование человеческого общества невозможно без наличия чистой воды соответствующего качества. В последние годы на многих международных форумах и конференциях активно обсуждается проблема качества водных ресурсов. Не секрет, что данная проблема во многом обусловлена масштабным использованием воды в промышленности, сельском хозяйстве и коммунальной сфере. Учитывая полидисперсный состав нефтесодержащих сточных вод, применение только одного метода очистки не позволяет получить воду требуемого качества. Поэтому рекомендуется использовать многоступенчатую систему очистки нефтесодержащих сточных вод.

### **Список литературы:**

1. Rahmatillaev, E.N. *Neft mahsulotlaridan oqava suvlarni tozalashning asosiy usullarini ko'rish* — xalqaro ilmiy maqola.
2. Bokiyeva, Sh.K., Ganiyev, O'.G., Umarova, N.G. *Neft va gaz sanoati ishlab chiqarish korxonalaridagi oqava suvlarni tozalash* — ilmiy maqola, oqava suv tozalash texnologiyalari haqida batafsil ta'rif.

3. NEFTNI QAYTA ISHLASH VA OQAVA SUVLARNI KIMYOVIY USUL BILAN TOZALASH TEXNOLOGIYASI — maqola, kimyoviy tozalash jarayonlari haqida ilmiy asoslar.
4. Neft shlamlarini qayta ishlash usullarini tahlil qilish — maqola neft ifloslanishidan tozalash, shu jumladan kimyoviy va biologik yo‘nalishlarni ko‘rib chiqadi.
5. Babaev, A., Teshabaeva, E., Obidjonov, A., & Chorshanbiev, U. (2023). Study of the hydraulic parameters of the flow of solid particles in the process of hydrotransport. In E3S Web of Conferences (Vol. 401, p. 03034). EDP Sciences.
6. Chorshanbiev, U., Ibadullaev, A., Babaev, A., & Kurbanov, S. (2022). Theoretical analysis of reduction of pressure and energy loss due to pipe friction through modification of dispers systems. *Universum: технические науки*, 8(101), 28.
7. Kakharov, B. B., Mukhamedgaliev, B. A., Chorshanbiev, U. R., & Makhkamov, U. R. (2023). Development of efficient additives for lubricants from secondary resources. *Problems in the textile and light industry in the context of integration of science and industry and ways to solve them:(PTLICISIWS-2022)*, 2789(1), 040092.
8. Ibadullaev, A., Teshabaeva, E., Chorshanbiev, U., Obidzhonov, A., & Matmusaev, I. (2023). Research of reducing the environmental impact of copper processing plant waste based on composite compounds. *Universum: технические науки*, (9-5 (114)), 16-21.