



УДК 628.069

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ И МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТАНОВОК, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДНЫХ АКВАТОРИЙ ПРИ ИХ РАЗЛИВЕ



STUDY OF WORK AND MODERNIZATION OF UNITS USED TO REMOVE OIL PRODUCTS FROM THE SURFACE OF WATER AREAS AT THEIR SPILL

Максимов Евгений Александрович

кандидат технических наук, доцент,
Южноуральский государственный университет
maksimov50@mail.ru

Maximov Evgeny Aleksandrovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
South Ural State University
maksimov50@mail.ru

Аннотация. Проведен анализ работы нефтесборщиков типа УАСН-300М, УАСН-250М, института ЭПТЦ МНИИЭКО ТЭК, АСН-6 (Россия) предприятия «Сотех-М» (Беларуссия), ООО Лессорб (Россия). Установлено, что эти нефтесборщики могут быть использованы только при обработке нефтяной пленки микронного размера. Рассмотрена модернизация установок, используемых для сбора нефтепродуктов с поверхности водных акваторий при их разливе, а также повышения степени очистки воды от нефтепродуктов, находящихся в ней эмульгированном состоянии. Приведены конструкции модернизированных установок, включающие нефтесборщики, электрофлотаторы с неоднородным электрическим полем.

Annotation. The analysis of work of oil-gatherers such as UASN-300M, UASN-250M, EPTC Institute of MNIIEKO Fuel and Energy Complex, ASN-6 (Russia) of «Sotech-M» enterprise (Belarus), Lesorb Ltd (Russia) is carried out. It is established that these oil collectors can be used only for processing of micron-sized oil film. Upgrading of installations used for gathering oil products from the surface of water areas at their spill, as well as increasing the degree of water purification from oil products in its emulsified state is considered. Constructions of modernized installations including oil collectors, electric floaters with heterogeneous electric field are given.

Ключевые слова: разлив нефтепродуктов на поверхности водных акваторий, повышения степени очистки воды от нефтепродуктов, находящихся в ней эмульгированном состоянии, модернизация нефтесборщиков и электрофлотаторов.

Keywords: oil products spill on the surface of water areas, increasing the degree of water purification from oil products in its emulsified state, modernization of oil collectors and electric floaters.

Нефть и нефтепродукты – это один из самых распространённых загрязнителей. При возрастающих масштабах добычи нефти использование невозможно без потерь. Потери нефтепродуктов происходят при добыче, транспортировке, использовании в качестве топлива или смазочного материала. По статистике каждый год в воду попадает почти 1,5 млн м³ нефти и нефтепродуктов, из которых 50 % приходится на транспортные аварии и утечки (крушение танкеров, повреждение трубопроводов) [1].

История наиболее крупных аварий, разливов нефтепродуктов берёт своё начало со второй половины 20 века. В 1978 году танкер Amoco Cadiz сел на мель неподалёку от побережья Бретани (Франция). Эта была крупнейшая экологическая катастрофа за всю историю Европы. В воде оказалось 223 тыс. тонн нефти. Загрязнение нефтью побережья Франции распространилось [2].

При попадании нефти в воду её способность растекаться по поверхности проявляется только в начальный период её нахождения на воде и на распространение по водоёму существенно не влияет. Зона загрязнения распространяется на несколько километров от места попадания нефтепродуктов в воду. Скорость растекания нефтепродуктов лёгкой фракции (бензин, керосин) ниже, нежели у тяжёлой фракции (мазут, масло), так как поверхностное натяжение у границы с водой у первых выше. По той же причине, при одинаковых количествах, продукты лёгкой фракции растекаются на меньшей площади. Попадание нефти в воду влечёт за собой возникновение различного рода проблем [3].

Цель данной работы – модернизация установок, используемых для удаления нефтепродуктов с поверхности воды при их разливе, а также установок используемых для повышения степени очистки воды от нефтепродуктов, находящихся в ней эмульгированном состоянии.

Первая проблема относится к вопросу экологии и заключается в том, что нефть и нефтепродукты оказывают значительное пагубное воздействие на живые организмы, а, следовательно, и на все звенья биологической цепочки. При растекании нефть ограничивает газообмен (поступление кислорода) и света в воду, делая невозможными процессы дыхания и фотосинтеза. Помимо этого, животные сильно страдают при непосредственном контакте с нефтепродуктами, потому что не могут



самостоятельно избавиться от слоя загрязнителя, покрывающего их тело. Растворимые компоненты нефти в воде очень ядовиты. Их присутствие приводит к гибели морских организмов, прежде всего рыб, а при оседании на дно убивает чувствительную морскую экосистему.

Некоторые из фракций, содержащиеся в нефти, весьма токсичны, причём их токсичность возрастает по мере увеличения концентрации. Однако, информация об отравлениях нефтью, попадающей внутрь организма, ограничена. Эмульсии нефти могут физически воздействовать на организмы, вызывая удушье [4].

Вторая проблема относится к вопросу пожарной опасности, что определяет способность разлившихся на поверхности воды нефтепродуктов воспламениться и устойчиво гореть. Весь процесс горения можно разделить по стадиям:

- испарение молекул горючего.
- приток окислителя (воздуха) в зону горения.
- формирование горючей паровоздушной смеси.
- прогрев паров и окислителя перед горением.
- собственно, горение, химическая реакция, продукты горения, тепловыделение.
- подвод тепла к поверхности горючей жидкости от факела пламени.
- отвод тепла вглубь жидкости и в окружающую среду.

Также существует множество факторов, влияющих на способность нефтепродуктов возгораться. Многие из этих факторов имеют двойное значение, с одной стороны, они способствуют воспламенению и распространению горения, а с другой стороны, являются препятствием для увеличения площади пятна и вместе с этим и способности гореть.

К этим факторам можно отнести: толщину нефтяной плёнки, воспламеняемость компонентов нефти, испарение компонентов нефти, влияние внешних условий.

В большинстве случаев толщина плёнки зависит от условий растекания нефти. Скорость растекания нефтепродуктов зависит от их количества, поверхностного натяжения и гидродинамических условий: температуры воды, скорости ветра, волнения. С уменьшением толщины плёнки увеличивается теплообмен пятна с водой, за счёт чего уменьшается испарительная способность продуктов, вместе с этим возможность воспламенения [5].

Воспламеняемость в большей степени зависит от состава нефтепродуктов, т.е. от соотношения находящихся в них низкокипящих и высококипящих фракций. При преобладании в составе низкокипящих фракций температура воспламенения уменьшается, а опасность возгорания разлива увеличивается.

Испарение наиболее интенсивно происходит в начальный момент времени попадания нефтепродуктов в воду. Это подразумевает наличие наибольшей опасности возгорания именно в этот период. С другой стороны, за счёт испарения происходит уменьшения массы разлившихся нефтепродуктов и увеличение их вязкости, а вследствие чего уменьшается скорость распространения площади разлива и возможного возгорания, что снижает опасность по истечении некоторого времени.

Внешние факторы окружающей среды могут как способствовать воспламенению и поддержанию горения, так и препятствовать этим процессам. По мере увеличения скорости ветра образование прямой эмульсии (типа масло в воде) сокращается. Образование этого вида эмульсии может привести к исчезновению нефтепродуктов с поверхности воды, и, как следствие, сокращению площади разлива и площади возможного возгорания. Однако, при волнении и сильном ветре происходит срыв нефти с гребня волны и образование аэрозоля, что оказывает существенное влияние на увеличение скорости испарения нефтепродуктов, а вместе с этим на повышение пожарной опасности.

Исходя из того, что большинство нефтепродуктов, растекающихся по поверхности воды, поддерживают горение, можно сделать вывод о том, что объекты инфраструктуры, попавшие в зону растекания подвергаются риску пожара [6].

Так, например, 12.08.2015 г. в г. Москве при повреждении, проложенного по дну реки трубопровода произошла утечка нефтепродуктов в воду. Через некоторое время большая их часть оказалась на поверхности Москвы-реки. После чего последовало возгорание. По версии МЧС возгорание на береговой линии стало следствием неосторожного обращения с огнём отдыхающих. Росприроднадзор предполагает, что причина – это разрыв нефтепродуктопровода под водой. Возгорание также нанесло немалый ущерб окружающей среде, так как пламя с береговой линии перекинулось на прибрежные деревья и травяной покров [7].

Ещё одним негативным фактором при горении нефти являются продукты сгорания, а именно: диоксид углерода (CO_2), оксид углерода (CO), продукты неполного сгорания (формальдегид, органические кислоты, бенз(α)пирен, сажа). В процессе горения, входящий в состав воздуха азот, при высоких температурах способен окисляться до NO и NO_2 . Если в состав нефтепродуктов входят соединения серы, то в процессе горения могут образовываться SO_2 , SO_3 , что также негативно влияет на окружающую среду и на состав атмосферного воздуха [8].

На наш взгляд в настоящее время наиболее актуальной проблемой является : удаление нефтепродуктов с поверхности водных акваторий при их разливе, а также повышения степени очистки воды от нефтепродуктов, находящихся в ней эмульгированном состоянии.



Среди устройств осуществляющих сбор нефти с поверхности воды особое внимание занимают нефтесборщики.

Общим для всех нефтесборщиков является наличие в их конструкции: нефтезаборного узла, насосов, привода, энергетической установки и др.

По видам нефтезаборного узла нефтесборщики могут быть разделены на: роторные, лотковые, ленточные, дисковые, вихревые, щеточные, вакуумные и др. В составе нефтезаборного узла нефтесборщика предусмотрены подвижные элементы: барабаны, диски, ленты с гидрофильной поверхностью хорошо смачиваемые нефтяной пленкой. При вращении подвижных элементов нефтяная пленка смачивает их поверхность и поднимается выше поверхности воды, откуда удаляется с помощью скребков. В ленточных нефтесборщиках регенерация ленты состоящей, например из капрона осуществляется методом отжима или отдува.

В виду того, что толщина нефтяной пленки достаточно мала (1,5–100 мкм) ее сбор с поверхности воды представляет собой значительную техническую проблему.

В настоящее время известны нефтесборщики типа УАСН-300М, УАСН-250М, института ЭПТЦ МНИИЭКО ТЭК, АСН-6 предприятия «Сотех-М» (Беларуссия), ООО Лессорб (Россия) и др., работа которых основана на смачиваемости подвижных элементов (дисков, барабанов, лент) нефтепродуктами [9, 10]. Однако, эти нефтесборщики могут быть использованы только при обработки нефтяной пленки микронного размера. Если слой нефти значительных размеров, то этот способ мало эффективен.

Кроме того, недостатком рассмотренных выше нефтесборщиков является их недостаточная эффективность.

На рисунке 1 представлена модернизация нефтесборщика, работа которого основана на принципе полупогруженной кюветы, сообщающейся с водоемом открытой нижней частью.

При этом в внутренней части устройства возможно сконцентрировать слой нефти толщиной более 1–20 мм, который в дальнейшем можно перекачать в нефтесборную емкость традиционным способом с помощью центробежного насоса (пол. решение № 2014100706) [11].

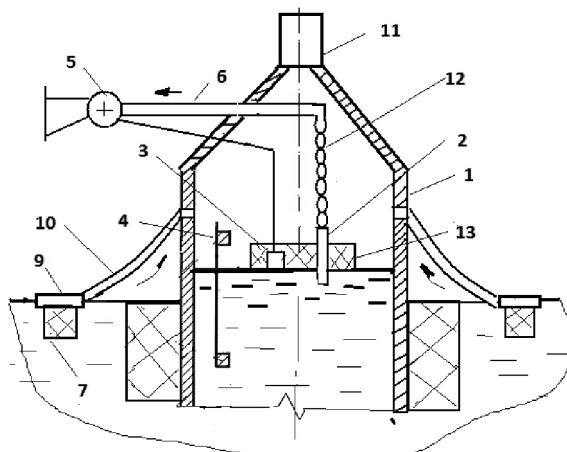


Рисунок 1 – Схема устройства для сбора нефтепродуктов с поверхности воды:

- 1 – корпус; 2 – насос для откачки нефтепродуктов; 3 – патрубок насоса; 4 – задатчик управления насосом;
5 – отводящий трубопровод; 6 – датчик уровня жидкости в корпусе; 7 – всасывающая головка;
8 – щелевые патрубки; 9 – поплавки; 10 – гибкий трубопровод; 11 – вытяжной вентилятор; 12 – трубопровод;
13 – дополнительный поплавок

Устройство для сбора нефтепродуктов с поверхности воды содержит корпус, выполненный в виде полупогруженной кюветы, сообщающейся с водоемом открытой частью, насос для откачки нефтепродуктов, патрубок насоса, задатчик управления насосом, отводящий трубопровод, датчик уровня жидкости в корпусе, всасывающую головку, щелевые патрубки, поплавки, гибкий трубопровод, вытяжной вентилятор, трубопровод, дополнительный поплавок. Сбор нефтепродуктов с поверхности воды происходит следующим образом.

При опускании устройства на поверхность водоема с помощью поплавков, щелевые патрубки всасывающей головки устанавливаются напротив слоя нефтепродуктов, плавающих на его поверхности. При включении вытяжного вентилятора во внутренней полости корпуса образуется вакуум. Образование вакуума способствует тому, что во внутреннюю полость корпуса через щелевые патрубки и первый гибкий трубопровод с поверхности воды поступает эмульсия стоков с растворенными в ней нефтепродуктами.

При включении насоса, откачка собранных в верхней части корпуса нефтепродуктов в сборную емкость происходит через патрубок, закрепленный на плавающем во внутренней полости корпуса дополнительном поплавке, а также отводящий трубопровод. При работе устройства для сбора нефтепродуктов с поверхности воды, размещенного на водной поверхности, позволяет повысить эффективность очистки водоема на 17–24 %.



Для интенсификации флотирования нефтепродуктов на поверхность воды могут быть использованы электрофлотаторы различных конструкций.

В отличие от традиционного электрофлотатора с равномерным электрическим полем между электродами обычно используемого в традиционных схемах очистки воды от масел, на рисунке 2 представлена конструкция электрофлотатора с неоднородным электрическим полем (RU 107147 U1) [12].

В модернизированном электрофлотаторе неоднородное электрическое поле создается между уплотнениями сетчатого анода и расположенными напротив них параболическими шипами сетчатого катода. При этом с уменьшением радиуса кривизны шипов катода неоднородность электрического поля увеличивается, что улучшает степень очистки стоков.

Неоднородное электрическое поле способствует зарядке взвешенных веществ стоков, увеличивая вероятность их столкновения и коагуляции. Неоднородное электрическое поле, создаваемое электродами, также способствует миграции частиц.

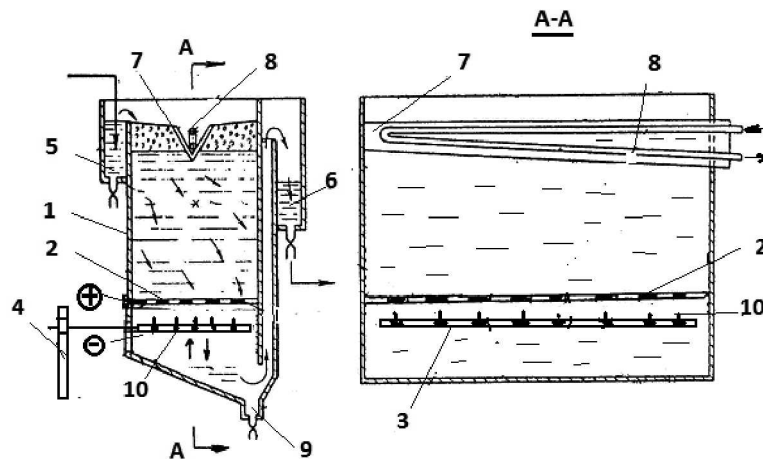


Рисунок 2 – Схема модернизированного электрофлотатора с неоднородным электрическим полем: 1 – корпус; 2 – горизонтальный неподвижный анод; 3 – подвижный катод; 4 – механизмо перемещения; 5 – патрубок для подвода исходной воды; 6 – патрубок для отвода чистой воды; 7 – желоб; 8 – дугообразная труба; 9 – сливное отверстие; 10 – шипы сетчатого катода

Модернизированный электрофлотатор с неоднородным электрическим полем содержит корпус 1, горизонтальные неподвижный анод 2, подвижный катод 3 с механизмом его перемещения в вертикальном направлении 4 выполненном в виде реечной передачи, с приводом, патрубками для подвода суспензии 5, патрубками для отвода чистой воды 6, желоб 7, дугообразная труба 8 внутри желоба, сливное отверстие 9, шипы 10 сетчатого катода.

Очистка сточных вод в электрофлотаторе производится следующим образом. Сточные воды через патрубок для их подвода переливаются в корпус 1. В корпусе 1 она насыщается пузырьками газа, которые образуются в результате электролиза, происходящего при создании неоднородного электрического поля между уплотнениями сетчатого анода 2 и расположенных напротив них параболических шипов 10 сетчатого катода 3. Неоднородность электрического поля может регулироваться при перемещения катода 3 в вертикальном направлении с помощью реечной передачи 4. Пузырьки газа, встречаясь с частицами масла растворенного в стоках, прилипают к ним и в результате флотации всплывают наверх. Наверху образуется пена, которая удаляется с помощью наклонного желоба 7, уровень которого ниже верхнего уровня пены. Внутри желоба расположена дугообразная труба 8 с горячей водой. При нагреве пены, она «гаснет» и стекает по желобу. Очищенная сточная вода удаляется из корпуса 1 через патрубок для отвода чистой воды 6. Частицы, которые тяжелее воды, опускаются вниз и удаляются через сливное отверстие 9 по трубопроводу в виде шлама.

В диапазоне значений pH 4,0–10,5 электрофлотатор обеспечивает извлечение из сточных вод имеющих концентрацию до 150 мг/л ионов металлов: Cu^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Cr^{3+} и др., а также растворимых органических загрязнений при исходной концентрации – ХПК до 2000 мг/л. При этом остаточная концентрация ионов металлов в очищенной воде составляет 0,5–5,0 мг/л, органических загрязнений – 100–300 мг/л. Эффект очистки по ионам металлов составляет 90–95 %, по ХПК – 85–95 % при продолжительности процесс обработки 15–20 мин. Оптимальные параметры очистки: анодная плотность тока в первой камере 0,8–1,0 А/дм³, напряжение 6–8 В. Удельный расход электроэнергии составляет 3,5–4,0 кВт ч/м³.

При обработке воды процесс флотации заключается в прилипанию пузырьков газа, образующихся в результате электролиза воды на электродах, к частицам из органических соединений (нефти, мазуту, нефтепродуктам), находящихся в воде во взвешенном состоянии и флотировании их на по-



верхность воды с образованием пены. Процесс электролиза, то есть образование пузырьков газа на электродах, зависит от расстояния между электродами и плотности тока. С увеличением расстояния между электродами для получения одной и той же плотности тока величина подводимого напряжения должна увеличиваться.

С увеличением плотности тока увеличивается количество пузырьков газа, выделяющегося на электродах и участвующего в процессе флотации частиц органических соединений. С увеличением плотности тока в результате бурного выделения пузырьков газа, процесс флотации замедляется. Оптимальным является плотность тока 10-15 $\text{mA}\cdot\text{cm}^2$. Плотность тока регулируется при помощи автотрансформатора.

Изменение степени очистки нефтесодержащих вод от продолжительности обработки при разных значениях pH представлено на рисунке 3.

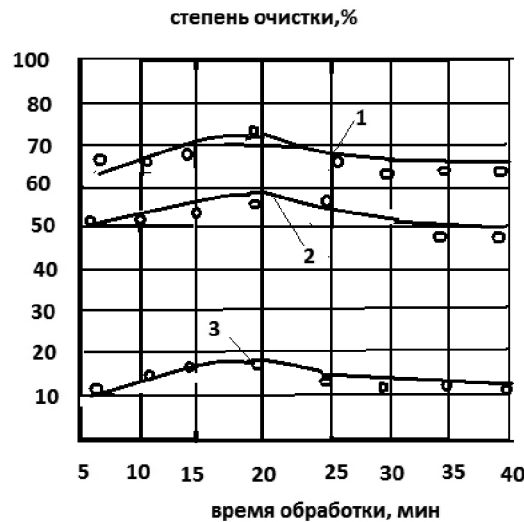


Рисунок 3 – Изменение степени очистки нефтесодержащих вод от продолжительности обработки при разных значениях pH (T = 20 °C, плотность тока 350 A/m^2): 1 – pH = 2; pH = 3; pH = 6

Анализ зависимостей, представленных на рисунке 3 показал, что с изменением времени обработки от 0 до 20 мин степень извлечения масел из обработанной воды составляет : при pH = 2 – 72 %, при pH = 3 – 60 %, при pH = 6 – 20 %. Дальнейшее увеличение времени обработки не приводит к увеличению извлечения нефтепродуктов из обрабатываемой воды. Это можно объяснить тем, что при увеличении времени обработки происходит вымывание частиц прикрепленных к пузырькам газа капель, которые повторно загрязняют очищаемую воду. Исследования показали, что оптимальной продолжительностью обработки является диапазон 15–20 мин.

Влияние плотности тока на эффективность очистки воды от нефтепродуктов представлено на рисунке 4.

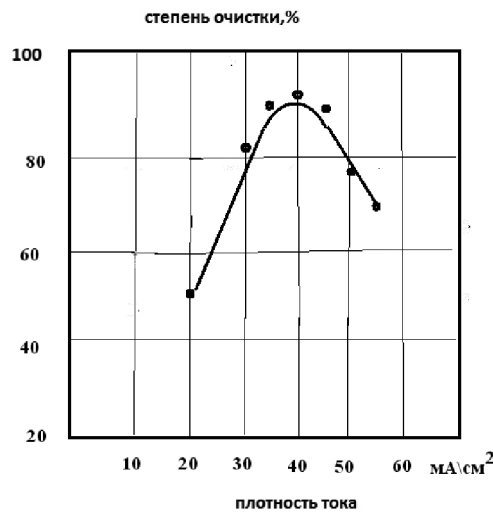


Рисунок 4 – Влияние плотности тока на степень очистки воды от нефтепродуктов: время обработки 20 мин, температура 25 °C



Анализ графика на рисунке 4 позволяет установить, что оптимальная плотность тока находится в пределах 30-40 мА/см². Напряжение при этом изменяется в пределах 4–6 В.

Влияние расстояния между электродами на степень очистки сточных вод представлено на рисунке 5.

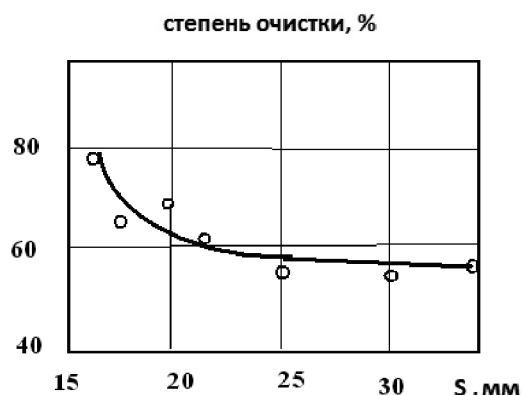


Рисунок 5 – Влияние расстояния между электродами на степень очистки воды от нефтепродуктов

Из приведенного на рисунке 5 графика следует, что степень очистки воды от нефтепродуктов увеличивается при уменьшении расстояния между электродами.

Исследования, проведенные на установке показали, что если в обработанной воде содержание нефтепродуктов составляло 2,8–3,03 г/л, то после ее обработки в течении 10–15 мин. эффективность очистки составляла 87,3–92,5 %. При этом после очистки содержание нефти в обработанной воде снизилось до 0,21–0,41 г/л. Плотность тока поддерживалась в пределах 10–12 мА/см².

При работе электрофлотатора на степень очистки воды от нефтепродуктов оказывают влияние следующие факторы: продолжительность обработки, плотность тока, температура обрабатываемой жидкости, конструктивные особенности установки (высота емкости и расстояние между электродами и др.).

Исследования показали, что положительным эффектом электрофлотации является то, что путем изменения плотности тока можно в широком диапазоне изменять дисперсность и состав пузырьков газа, что повышает эффективность очистки воды от нефтепродуктов

Очистке подвергались сточные воды, содержащие нефтепродукты, а также взвешенные и органические вещества (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание загрязнений в воде при использовании электрофлотатора

Загрязняющие вещества	В исходной сточной воде до флотации, мг/л	В исходной очищенной воде после флотации, мг/л	Степень очистки, %
Мазут	156	2,7	98,3
Взвешенные вещества	330	6,6	98,0
Органические вещества	32	0,7	97,8

Из приведенных в таблице 1 результатов следует, что применение электрофлотатора позволило достичь глубокой минерализации органических соединений (мазут), что существенно уменьшило его концентрацию в очищаемой воде.

Испытания модернизированного электрофлотатора для очистки горячих стоков от нефтепродуктов (мазута) на Воронежской ТЭЦ-2 показало, что остаточная концентрация нефтепродуктов составляет 0,05 мг/л при исходной концентрации 40 мг/л. Степень очистки воды от нефтепродуктов составляет 98,3 %.

Кроме того, в процессе электрофлотационной очистки сточных вод отмечен обеззараживающий эффект.

Заключение

1. Рассмотрена модернизация установок, используемых для сбора нефтепродуктов с поверхности водных акваторий при их разливе, а также повышения степени очистки воды от нефтепродуктов, находящихся в ней эмульгированном состоянии.

2. Исследованы факторы, влияющие на степени очистки воды от нефтепродуктов при использовании модифицированного электрофлотатора с неоднородным электрическим полем и изменяющимся расстоянием между электродами.



При работе электрофлотатора на степень очистки воды от нефтепродуктов оказывают влияние следующие факторы: продолжительность обработки, плотность тока, температура обрабатываемой жидкости, конструктивные особенности установки (высота емкости и расстояние между электродами и др.).

3. Испытания модернизированного электрофлотатора для очистки горячих стоков от нефтепродуктов (мазута) на Воронежской ТЭЦ-2 показало, что остаточная концентрация нефтепродуктов составляет 0,05 мг/л при исходной концентрации 40 мг/л. Степень очистки воды от нефтепродуктов составляет 98,3 %.

Литература:

1. Добыча нефти и окружающая среда – [Электронный ресурс]. – URL : <http://www.aliche-servis.ru/environment.htm>
2. <http://neftegaz.ru/analysis/view/7509>
3. <http://portal.tpu.ru/SHARED/a/ANTROPOVA/Methodichki/Tab10/10.pdf>
4. Экологические проблемы, связанные с нефтью – [Электронный ресурс]. – URL : <http://knowledge.allbest.ru/ecology.html>
5. <http://www.ngpedia.ru/id420735p1.html>
6. http://www.ujniimf.ru/docs/125341201220125_likvidaciya_razlivov_nefti_i_nefteproduktov_na_more_i_vnutrennih_akvatoriyah..pdf
7. <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2654443>
8. <http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/638/46638/23152>
9. Каменщиков Ф.А. Богомольский Е.И. Удаление нефтепродуктов с водной поверхности и грунта. – М. : НИЦ, РИХД, 2006. – 521 с.
10. Кузнецов И.В. Средства для ликвидации аварийных разливов опасных жидкостей // Экология производства. – 2011. – № 5. – С. 72–74.
11. Максимов Е.А., Солдатов А.И. Устройство для сбора нефтепродуктов с поверхности воды, пол. решение № 2014100706.
12. Старших В.В., Максимов Е.А. Электрофлотатор, патент РФ RU 107147 U1.

References:

1. Oil production and environment – [Electron resource]. – URL : <http://www.aliche-servis.ru/environment.htm>.
2. <http://neftegaz.ru/analysis/view/7509>
3. <http://portal.tpu.ru/SHARED/a/ANTROPOVA/Methodichki/Tab10/10.pdf>
4. environmental problems associated with oil – [Electronic resource]. – URL : <http://knowledge.allbest.ru/ecology.html>.
5. <http://www.ngpedia.ru/id420735p1.html>
6. http://www.ujniimf.ru/docs/125341201220125_likvidaciya_razlivov_nefti_i_nefteproduktov_na_more_i_vnutrennih_akvatoriyah..pdf
7. <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2654443>
8. <http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/638/46638/23152>
9. Kamenshchikov F.A. Bogomolsky E.I. Removal of oil products from the water surface and the ground. – M. : SIC, RICH D, 2006. – 521 p.
10. Kuznetsov I.V. Means for liquidation of emergency spills of dangerous liquids // Ecology of production. – 2011. – № 5. – P. 72–74.
11. Maximov E.A., Soldatov A.I. Device for oil products collection from the water surface, floor solution № 2014100706.
12. Senior V.V., Maximov E.A. Elektrofлотator, RF patent RU 107147 U1.