

Механические методы в очистке сточных вод, загрязнённых нефтепродуктами, в агроинженерных системах

Т.А. Гамм, д.с.-х.н., профессор, С.В. Шабанова, к.т.н., М.Ю. Гарицкая, к.т.н., Р.Н. Касимов, к.т.н., Е.А. Сердюкова, магистрант, ФГБОУ ВО Оренбургский ГУ

Ежегодно в Российской Федерации на предприятиях различных отраслей, в том числе и агропромышленного комплекса, образуется более 1800 т сточных вод, загрязнённых нефтепродуктами. Такие стоки оказывают негативное влияние на окружающую среду, вызывая деградацию естественных экосистем, подавляя рост растительности и провоцируя различные виды мутации у живых организмов.

Одним из источников загрязнения экосистем нефтепродуктами являются отходы, образованные при бурении нефтяных скважин. Эти отходы представляют собой смесь отработанных буровых растворов, горных пород, песка, глины. За счёт адсорбции на поверхности частиц шлама химических реагентов, используемых для обработки буровых растворов, они проявляют ярко выраженные загрязняющие свойства. Большинство химических реагентов, применяемых при бурении скважин, добыче и подготовке нефти и газа, сами добываемые углеводороды и примеси к ним являются веществами, вредными для человека и экосистем в целом.

Отходы бурения складируются в шламовых амбарах. Строительство на буровой амбаров-накопителей практически заключается в выемке

определённого объёма грунта и обваловании полученного котлована. Гидроизоляция дна и стенок амбара не производится. При такой конструкции избежать фильтрации жидкой фазы и попадания её на окружающий ландшафт практически невозможно [1]. После наполнения шламового амбара в настоящее время его засыпают землёй или в лучшем случае цементируют.

При бурении скважин задача очистки шламов от экологически опасных буровых отходов является наиболее актуальной. Объёмы отходов нефтепродуктов и нефтяных загрязнений, скопившиеся на отдельных объектах, составляют десятки и сотни тысяч кубометров. Таким образом, они часто являются постоянно действующими источниками загрязнения экосистем [2].

Для Оренбургской области добыча и переработка углеводородов является ведущей отраслью экономики. В области добывают более 22,8 млн т нефти, более 20 млрд м³ газа, что составляет соответственно 3,8 и 3,2% от добычи по стране. Таким образом, проблема очистки сточных вод, образованных в процессе бурения и складируемых в шламовых амбарах, является актуальной. Для её решения необходимо исследовать каждый этап очистки и обезвреживания сточных вод, улучшать уже имеющиеся варианты или разрабатывать новые, стремясь к достижению максимальной эффективности.

Цель исследования – изучение эффективности использования механических методов в сочетании с изменением температуры (термический метод) сточной воды для очистки сточных вод, загрязнённых нефтепродуктами.

Для осуществления данной цели решались следующие задачи:

– провести поэтапную очистку сточных вод, используя механические методы в сочетании с изменением температуры исследуемой воды;

– провести оценку эффективности очистки по химическим, органолептическим показателям и фитотоксичности.

Материал и методы исследования. Механическая очистка является самым дешёвым методом борьбы с нефтяными загрязнениями воды. Эффективность данного метода невысока и составляет 40–60%. В ряде случаев, когда наибольший вклад в нефтяное загрязнение вносит плавающая нефть и/или нефтешламы, степень очистки достигает 90–95%. В случае, когда основная масса загрязнителя состоит из растворённой и эмульгированной нефти, применение данного метода очистки нецелесообразно. Но чаще всего механическая очистка служит первой ступенью очистки для выделения из сточных вод нерастворённых минеральных и органических примесей, после чего используют методы более глубокой очистки [3, 4]. Для выделения грубодиспергированных частиц нефти и нефтепродуктов при концентрации их в сточной воде более 100 мг/л применяют нефтеловушки, в которых в процессе отстаивания за счёт разности плотности нефти и воды происходит их разделение. Нефть всплывает на поверхность, а содержащиеся в сточной воде минеральные примеси оседают на дно нефтеловушки [3]. Значительное влияние на эффективность работы оказывает температура воды [5]. Чаще всего

температуру воды увеличивают для уменьшения вязкости очищаемых сточных вод. Нефтеловушки применяются повсеместно как локальные очистные сооружения и в комплексе с другими устройствами, предназначенными для очистки сточных вод [6].

Фильтрация сточных вод применяется для выделения из них тонкодиспергированных веществ (масел, смол, волокон, пыли и т.п.), удалить которые путём отстаивания не удаётся. В качестве фильтрующего материала могут быть использованы кварцевый песок, дроблёный гравий, коксовая мелочь, а также все виды газифицируемого твёрдого топлива (бурый уголь, торф, древесина, горелые породы) [7, 8].

Методика эксперимента состоит в следующем: для осуществления очистки сточных вод были составлены три основные технологические схемы (рис. 1–3).

Для каждой из трёх технологических схем проводилось предварительное отстаивание сточных вод. Фильтрация в каждой технологической схеме производилась по четырём вариантам, в зависимости от загрузок фильтров: I вар. – песок (П); II – уголь древесный (У); III – тканевый (синтепон) (Т); IV – комбинированный (К) (рис. 4).

Преимуществами выбранных загрузок является доступность и возможность многократного использования.

Результаты исследования. Объектом исследования являлась сточная вода, образованная при бурении нефтяных скважин, расположенных на территории Оренбургской области. Для исследования была взята проба буровой сточной воды с усреднённым химическим составом из шламового амбара, куда сбрасываются стоки, образующиеся на разных этапах бурения. Химический состав пробы представлен в таблице 1.

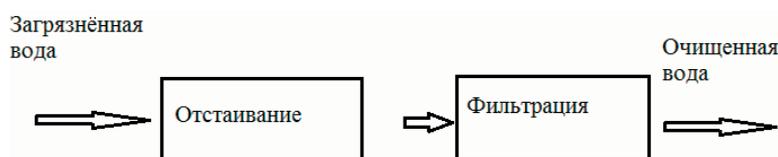


Рис. 1 – Технологическая схема № 1



Рис. 2 – Технологическая схема № 2

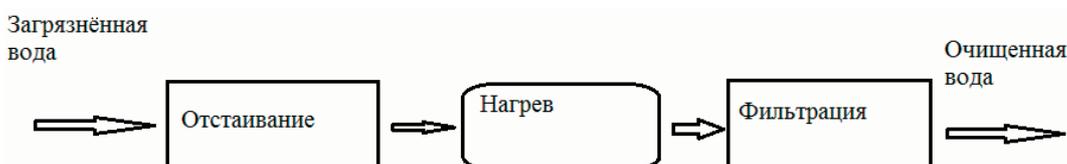


Рис. 3 – Технологическая схема № 3

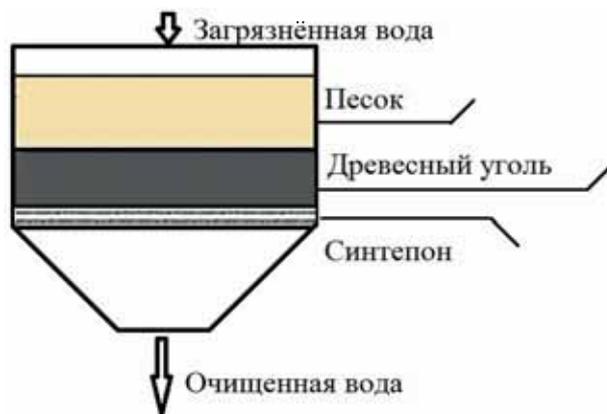


Рис. 4 – Схема комбинированного фильтра

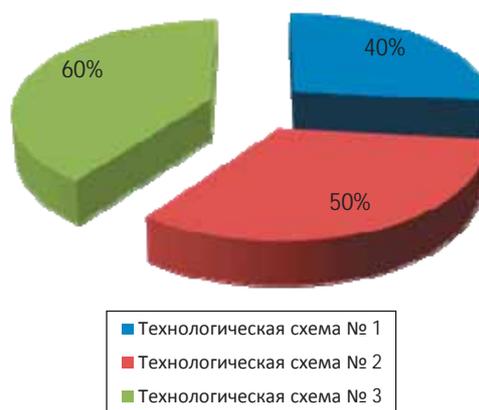


Рис. 5 – Эффективность очистки сточных вод от нефтепродуктов

1. Химический состав исследуемой воды

Показатель	Результат, мг/л	ПДКрх, мг/л	Результат/ПДКрх	НД на методы испытания
Гидрокарбонаты	60	–		ГОСТ 31957-2012
Нефтепродукты	5000	0,05	100000	ПНДФ 14.1:2.116-97
БПК5	2,0	3	0,7	ПНДФ 14.1:2:3:4.123-97
ХПК	5,5	30	0,18	ПНДФ 14.1:2.100-97
Хлориды	29,8	300	0,099	ПНДФ 14.1:2.96-97
Железо общее	1,40	0,05	28	ПНДФ 14.1:2:4.139-98
Ртуть	0,005	отсутствие		ПНДФ 14.1:2:4.136-98
Цинк	0,092	0,01	9,2	ПНДФ 14.1:2:4.139-98
Медь	0,016	0,001	16	ПНДФ 14.1:2:4.139-98
Никель	0,11	0,01	11	ПНДФ 14.1:2:4.139-98
Свинец	0,083	0,1	0,83	ПНДФ 14.1:2:4.139-98
Кадмий	0,0003	0,005	0,06	ПНДФ 14.1:2:4.139-98
Магний	32,8	40	0,82	ПНДФ 14.1:2:4.137-98
Кальций	13,6	180	0,076	ПНДФ 14.1:2.95-97
Железо	1,40	0,1	14	ПНДФ 14.1:2:4.139-98
Аммоний	1,8	0,5	3,6	ПНДФ 14.1:2.1-95
Азот нитритов	0,017	–		ПНДФ 14.1:2:4.3-95
Азот нитратов	1,8	–		ПНДФ 14.1:2:4.4-95
Нитраты	1,8	40	0,045	ПНДФ 14.1:2:4.4-95
Сульфаты	520	100	5,2	ГОСТ Р 31940-12
Фосфаты	0,4	0,15	2,67	ПНДФ 14.1:2:4. Г8-02
Карбонаты	61	–		ГОСТ 31957-2012
pH	10,6	6,8–8,5	щелочная	ПНДФ 14.1:2:3:4.121-9

2. Результаты исследования

Тип фильтра	Цветность воды	Прозрачность воды, см	Запах воды, балл	pH воды	Масса сухого осадка при выпаривании воды, мг/л	Характеристика фитотоксичности
Технологическая схема №1						
П	жёлто-коричневая	4,2	4	8,130	9,7	токсичная
У	жёлто-коричневая	3,1	4	8,142	19,5	токсичная
Т	жёлто-коричневая	3,5	4	8,805	6,7	токсичная
К	жёлто-коричневая	4,4	4	8,230	1,58	токсичная
Технологическая схема №2						
П	жёлто-коричневая	4	4	8,9	87,4	токсичная
У	светло-жёлто-коричневая	2,8	4	9,632	75,7	токсичная
Т	слабо-жёлто-коричневая	3	4	9,670	112,08	токсичная
К	светло-жёлто-коричневая	4,2	4	9,043	39,05	токсичная
Технологическая схема №3						
П	жёлто-коричневая	4,4	4	7,590	198,3	токсичная
У	жёлто-коричневая	3,5	4	7,663	200	токсичная
Т	жёлто-коричневая	3	4	7,645	210,03	токсичная
К	жёлто-коричневая	5	4	7,662	128,9	токсичная



Рис. 6 – Технологическая схема № 3 с использованием комбинированного фильтра

Существенной проблемой является также присутствие в воде парафинов, образующихся на поверхности при отстаивании. Эффективность очистки сточных вод по всем трём схемам представлена на рисунке 5.

Исследования качества проб воды проводились на каждом этапе очистки (табл. 2).

Таким образом, наиболее эффективным будет применение технологической схемы № 3 с использованием комбинированного фильтра. Данная схема включает в себя предварительное отстаивание, нагревание и фильтрацию через комбинированный фильтр.

При такой очистке на первом этапе удаляется большая часть шлама и нефтепродуктов, на втором этапе удаляется некоторое количество минеральных солей, механических частиц, нефтепродуктов и хлора, на третьем этапе удаляется также часть солей, механических частиц и нефтепродукты (рис. 6). Также при очистке по данной схеме уменьшается щёлочность сточных вод.

Эффективность данного способа очистки на первом этапе отстаивания составляет 60%, от взвешенных частиц после фильтрования – 52%, а от нефтепродуктов – 60%. Достоинством данного способа является возможность многократного использования фильтров. Однако данный способ не

удаляет в достаточном количестве минеральные соли и высокотоксичные соединения. Также данный способ является энергозатратным и требует дополнительного аппаратного обеспечения для нагрева сточных вод.

Литература

1. Шабанова С.В. Воздействие предприятий нефтегазового комплекса на окружающую среду Оренбургской области / С.В. Шабанова, А.С. Голофаева, Е.А. Сердюкова, Н.П. Мозалова // Молодой учёный. 2016. № 9.1 (113.1). С. 61–62.
2. Систер В.Г., Миташова Н.И., Кольцова Е.С. Очистка сточных вод АЗС от нефтепродуктов // Известия МГТУ «МАМИ». 2013. № 3(17). Т. 2. С. 35–40.
3. Пашаян А.А., Нестеров А.В. Проблемы очистки загрязнённых нефтью вод и пути их решения // ЭКиП: Экология и промышленность России. 2008. № 5. С. 32–35.
4. Шабанова С.В. Загрязнение окружающей среды предприятиями нефтегазового комплекса Оренбургской области / С.В. Шабанова, А.С. Голофаева, Е.А. Сердюкова, Н.П. Мозалова // Современные тенденции развития науки и технологий. 2015. № 9. С. 27–29.
5. Когановский А.М., Клименко Н.А., Левченко Т.М. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении. М.: Химия, 1983. 288 с.
6. Рябых В.В., Солопова В.А. Повышение эффективности методов и способов механической очистки воды от органических загрязнений // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. 2014. № 8. Т. 1. С. 91–92.
7. Кузубова Л.И., Морозов С.В. Очистка нефтесодержащих сточных вод: Аналит. обзор / СО РАН. ГПНТБ, НИОХ. Новосибирск, 1992. 72 с.
8. Очистка поверхностных сточных вод методом последовательного объёмного и поверхностного фильтрования / В.А. Жигульский [и др.] // ЭКиП: Экология и промышленность России. 2009. № 10. С. 8–9.