

ФИЛЬТРУЮЩИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ НА ОСНОВЕ ТОРФА

К. А. Агунович

Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Е. Н. Макеева

Посвящена изучению сорбционных качеств торфа. Описаны основные загрязняющие вещества из состава промышленных сточных вод, превышающие установленные предельно допустимые концентрации (ПДК) в природных водоемах. Проанализирована возможность использования торфа в качестве эффективного загрузочного материала очистных модулей. Создан экспериментальный фильтрующий модуль. На базе этого лабораторного макета проведена оценка проб, подтверждающая удовлетворительные показатели качества для воды, применяющейся в технических целях.

Ключевые слова: сорбционные материалы, торф, фильтрующий модуль, показатели качества, сточные воды, ПДК.

В связи с увеличением объемов и темпов роста промышленного производства возрастает степень техногенного воздействия на водные объекты как за счет забора воды и планового сброса сточных вод. Мониторинг состояния природных водоемов выявил существенное загрязнение такими примесями, как нитраты, аммонийный азот, фенолы, нефтепродукты, спав, медь, хром, марганец и др. [7]. Одними из наиболее разнообразных по химическому составу примесей являются сточные воды предприятий машиностроительной промышленности. Наибольшую угрозу экологической безопасности водных объектов представляют ионы тяжелых металлов, а также воды, загрязненные маслами, нефтью и нефтепродуктами (повышенная опасность этих загрязнителей подтверждается величиной установленных для них предельно допустимых концентраций (ПДК) в природных водоемах).

В зависимости от происхождения и вида исходного сырья все сорбенты можно разделить на природные и синтетические. Природные сорбенты, в свою очередь, подразделяются на органические (углеродные), неорганические (неуглеродные) и органо-минеральные сорбенты [4]. Сорбенты различают также и по ряду других признаков: назначению, структуре (порошковые, гранулированные, волокнистые, объемно-пористые), по способу обработки (гидрофобизированные, модифицированные, активированные, комплексные), по пористости, по способу регенерации и утилизации, и другим признакам, что обуславливает необходимость глубокой очистки сточных вод от этих примесей перед сбросом их в водоемы. Среди широкого спектра существующих методов очистки сточных вод одним из наиболее популярных, позволяющим удалить токсические вещества до следовых количеств, является метод сорбции [1].

В качестве сорбентов практически могут служить все мелкодисперсные твердые вещества, обладающие развитой поверхностью – опилки, зола, торф, различные глины, коксовая мелочь и др. [2]. Эти сорбционные материалы, могут использоваться как абсорбенты, поглощающие плавающие загрязнения, а во втором – как адсорбенты, извлекающие тонкодиспергированные и растворенные нефтепродукты. Одной из приоритетных современных задач по защите окружающей среды является замена используемых для очистки сточных вод дорогостоящих сорбентов дешевыми материалами [3].

Важным критерием выбора сорбента является способ его обработки после исчерпания сорбционной емкости [6]. Возможны три варианта его переработки: регенерация, приводящая к вторичному загрязнению воды, дальнейшее использование отработанного сорбента в виде вторичного сырья при условии отсутствия в нем вредных и токсичных примесей, и сжигание как наиболее безопасный метод обезвреживания. Рациональным решением проблемы глубокой очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты и тяжелые металлы, является использование отечественных сорбентов растительного происхождения, а именно – природного топлива – торфа [5].

Для экспериментальной проверки свойств торфа был собран лабораторный макет, изображенный на рис. 1.



Рис. 1. Экспериментальный фильтрующий модуль на основе торфа

Модуль представляет собой фильтр-кувшин, состоящий из приемной воронки, на которую по резьбе навинчивается картридж. Приемная воронка вместе с картриджем помещается в кувшин. Сверху кувшин закрывается крышкой с защитной крышкой слива.

Фильтр работает следующим образом: загрязненная нефтепродуктами вода наливается в приемную воронку и, проходя через сорбент картриджа, представляющий собой мелко помолотый до определенной фракции брикетированный торф, и два механических фильтра (на входе и на выходе), поступает в нижнюю часть кувшина, предназначенную для очищенной воды.

В ходе проверки были определены такие показатели, как общее солесодержание, хлориды и водородный показатель pH. Полученные данные приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Показатели качества исходной и очищенной воды

Показатели	Солесодержание, мкСм/см	Хлориды, мг/л	pH
Исходная вода	3,65	22,06	7
Вода после очистки	5,38	18,05	6

Таблица 2

Данные по эффективности очистки воды от нефтепродуктов

Номер опыта	рН	Концентрации		Эффективность очистки, %
		Исходной воды, мг/л	После очистки, мг/л	
1	7,9	2442,1	10,3	99,6
2		2011,1	13,8	99,3
3		2011,1	16,1	99,2
4		244,2	6,3	97
5	7,9	48	3,4	93,1
6		48,2	6,3	86,9
7		48,2	8,8	81,7
8		17,2	6,9	60
9		14,4	7,5	48
10		78,1	10,9	86

Полученные данные удовлетворяют нормативам, закрепленным в постановлении Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 30 марта 2015 г.

В результате проведенного исследования возможностей использования торфа в качестве загрузочного материала для очистных модулей экспериментально доказана эффективность удаления загрязняющих веществ, таких, как хлориды, тяжелые металлы и нефтепродукты. Кроме того, использование торфа в очистных системах способствует снижению затрат на эксплуатацию и обслуживание. В условиях Беларуси, где доступность торфа достаточно высока, его применение может стать экономически выгодным решением для малых и средних населенных пунктов, где традиционные методы очистки могут быть слишком дорогими. Таким образом, торф представляет собой многообещающий материал для создания эффективных очистных модулей, что подтверждается положительным опытом его использования.

Литература

1. Патент РФ 2012117711/05. Способ получения реагента для очистки промышленных вод на основе торфа : № 2509060 : заявлено 28.04.2012 : опубл. 2013 / Минаев В. И., Широчин Д. Л., Нестерова В. Г. [и др.] // Бюл. № 31.
2. Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов : постановление М-ва природ. ресурсов и охраны окружающ. среды Респ. Беларусь от 30 марта 2015 г. № 13 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – Минск, 2015.
3. Дремичева, Е. С. Торф как сорбент для очистки промышленных сточных вод / Е. С. Дремичева, Н. К. Лаптедутье // Вода: химия и экология: Всероссийский научно-практический журнал. – 2015. – № 8. – С. 63–68.
4. Феофанов, Ю. А. О применении природных сорбентов для очистки воды от нефтепродуктов / Ю. А. Феофанов, М. С. Ряховский // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2018. – № 6 (126). – С. 32–38.
5. Бутовская, А. С. Использование торфа для очистки сточных вод / А. С. Бутовская ; Урал. гос. гор.-геол. акад. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-torfa-dlya-ochistki-stochnyh-vod/viewer> (дата обращения: 07.04.2025).
6. Зверева, Э. Р. Исследование свойств торфа, насыщенного нефтепродуктами / Э. Р. Зверева, Е. С. Дремичева, Д. В. Липатов, Е. Н. Макеева // Школа практических инноваций – инже-

- нерному бизнесу региона : материалы Всерос. науч.-практ. конф. памяти проф. А. Н. Шичкова. – Вологда, 2024. – С. 99–102.
7. Использование торфа в качестве сорбента нефти и нефтепродуктов с дальнейшей утилизацией отработанного материала в качестве топлива / Э. Р. Зверева, Е. С. Дремичева, А. А. Эминов, Е. Н. Макеева, Т. Н. Никулина // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2023. – № 3 (94). – С. 44–57.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУРБОУСТАНОВОК НА ОРГАНИЧЕСКОМ ЦИКЛЕ РЕНКИНА

Д. Г. Шутов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. В. Овсянник

Рассмотрено использование органического цикла Ренкина в альтернативной энергетике, подчеркивая его возможности по утилизации низкопотенциальных вторичных энергетических ресурсов и сжиганию топлива с низкой теплотворной способностью. Обращено внимание на роль промежуточного перегрева в повышении термодинамической эффективности турбоустановок. Для достижения наилучших результатов рекомендовано применение оптимальных термодинамических параметров рабочего тела, что особенно важно для участков высокой и низкой давления турбины.

Ключевые слова: органический цикл Ренкина, низкикипящее рабочее тело, эксергетический анализ, повышение эффективности, хладагент.

Органический цикл Ренкина (ОЦР) является альтернативой классическому паротурбинному циклу. Его применение предпочтительнее (с техникоэкономической точки зрения) при температурах рабочего тела перед турбиной 250 °С и ниже. Это обусловлено снижением эффективности паротурбинного цикла при столь низких значениях температуры рабочего тела, сложностью конструкции и, как следствие, более высокой стоимостью установки. Поэтому ОЦР приобретает все более широкое распространение в альтернативной энергетике для утилизации низкопотенциальных вторичных энергетических ресурсов, а также при сжигании топлив с низкой теплотворной способностью.

Для анализа метода повышения эффективности турбоустановок (ТУ) на органическом цикле Ренкина рассмотрим два характерных цикла ТУ на ОРЦ: на перегретом паре (рис. 1) и с промежуточным перегревом рабочего тела (рис. 2).

Принцип работы исследуемой схемы следующий: из конденсатора жидкое низкикипящее рабочее тело насосом подается в теплообменный аппарат, где нагревается парами НКРТ, поступающими из турбины. Затем рабочее тело направляется в котел-утилизатор, где нагревается, испаряется и перегревается. Далее поступает в турбину, где совершает механическую работу вращения вала, связанного муфтой с генератором электрического тока. В схеме с промежуточным перегревом НКРТ, пройдя часть высокого давления (ЧВД) турбины, снова попадает в котел-утилизатор, где повторно перегревается и поступает в часть низкого давления (ЧНД) турбины. После совершения работы в турбине НКРТ, будучи еще в перегретом состоянии, охлаждается до температуры, близкой к температуре насыщения при данном давлении в теплообменном аппарате, и направляется в конденсатор, где и конденсируется.