

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИНТЕТИЧЕСКИХ СОРБЕНТОВ НЕФТИ

Брюхов Р.Д.¹

Научный руководитель ассистент К.В. Скирдин^{1,2}

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

²Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск, Россия

Все стадии нефтепользования зачастую сопровождаются загрязнением экосистем, вследствие разлива нефти и нефтепродуктов. Наиболее простым и доступным методом удаления нефти является применение сорбентов.

К сорбентам предъявляется ряд требований, в частности: высокая сорбционная емкость, плавучесть, низкое значение десорбции, возможность многократного использования, нетоксичность, пожаробезопасность [1].

Все сорбенты возможно разделить на три группы по природе сорбирующего материала: органические, неорганические и синтетические. Синтетические сорбенты обладают рядом специфических свойств, обуславливающих их широкое применение: биологическая стойкость, возможность многократного использования без потери свойств, высокая сорбционная емкость [2]. В виду широкого спектра видов материалов синтетических сорбентов, различных форм (пористые, волокнистые материалы, крошка) и модификаторов, увеличивающих сорбционную емкость и долговечность, актуальна проблема выбора и оценки эффективности торговой марки сорбента. Соответственно, целью работы является обзор отечественного рынка нефтесорбентов и расчет показателей эффективности.

Автором в составе авторской группы был проанализирован рынок сорбентов нефти в России. В результате анализа установлено, что основными странами-производителями синтетических сорбентов являются Россия и страны Евросоюза (Чехия, Германия и Бельгия), при этом наибольшая часть рынка приходится на Россию. Установлено, что на российском рынке нефтесорбентов представлено 25 торговых марок. Производство осуществляется 12 компаниями, из которых 8 отечественные.

Установлено, что синтетические сорбенты представлены широким спектром материалов (рис. 1). Наиболее распространенными материалами являются полиуретан и полипропилен, которые составляют 73% рынка. Широкое применение полиуретана и полипропилена связано с большими ежегодными объемами производства, которые только в России составляют более 300 тыс. тонн полиуретана и 2 млн. тонн полипропилена ежегодно [3,4]. Большие объемы производства сопряжены с образованием большого количества отходов, которые возможно использовать в качестве сорбентов нефти.

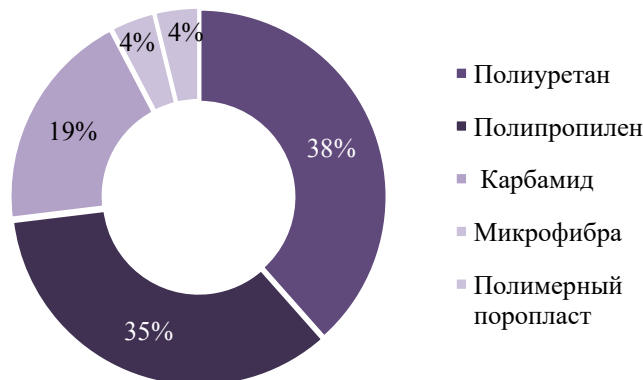


Рис. 1. Диаграмма основных материалов торговых марок синтетических сорбентов нефти

Для сравнения различных торговых марок сорбентов между собой необходим анализ их характеристик в целом. Наиболее важными показателями сорбентов являются сорбционная емкость, насыпная плотность и стоимость.

По данным открытых источников, в результате обобщения и систематизации данных удалось установить значение средней сорбционной емкости, насыпной плотности и стоимости синтетических сорбентов, объединенных в группы по материалам (табл. 1). В результате анализа данных основных показателей удалось установить, что наиболее благоприятным сочетанием характеристик, обладают сорбенты, изготовленные из карбамида, вследствие их высокой сорбционной емкости 49 кг/кг, малой насыпной плотности 22 кг/м³, относительно малой стоимости 322 руб./кг (табл. 1). Несколько уступают вышеупомянутым нефтесорбентам, сорбенты из микрофибры, обладая высокой сорбционной емкостью 40 кг/кг, малой насыпной плотностью 23 кг/м³, но при этом высокой стоимостью 1585 руб./кг. Самой низкой стоимостью обладают сорбенты, изготовленные из полимерного поропласта 266 руб./кг. Низкая насыпная плотность сорбента (33 кг/м³) позволяет выделять материал в качестве потенциально высоко эффективного. Однако относительно невысокая сорбционная емкость полимерного поропласта (15 кг/кг), на первый взгляд, не позволяет материалу конкурировать с микрофиброй и карбамидом.

Сорбенты из карбамида или микрофибры обладают сорбционной емкостью, превосходящей емкость остальных групп сорбентов приблизительно в 3 раза, при насыпной плотности в 6–10 раз меньше, чем у сорбентов из полиуретана и полипропилена. При этом стоимость сорбентов, изготовленных из карбамида в 4 раза дешевле, чем из полипропилена. Наихудшим сочетанием свойств обладают синтетические сорбенты, изготовленные

СЕКЦИЯ 6. ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ, УПРАВЛЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

из полипропилена и полиуретана, ввиду сочетания свойств низкой сорбционной емкости (13–14 кг/кг) и высокой стоимости (412–1218 руб./кг).

Таблица 1

Характеристики синтетических сорбентов, объединенных в группы по материалам

Материал сорбентов	Сорбционная емкость, кг/кг	Насыпная плотность, кг/м ³	Стоимость, руб./кг
карбамид	49	22	322
полиуретан	13	227	412
полипропилен	14	142	1218
полимерный поропласт	15	33	266
микрофибра	40	23	1585

Для более комплексной оценки синтетических нефтесорбентов рациональнее использовать относительные коэффициенты эффективности. Например, коэффициент экономической эффективности ($K_{\text{эк.эф}}$), позволяющий количественно оценить стоимость сорбции данной маркой нефтесорбента определённого количества нефти (1 кг) [2]:

$$K_{\text{эк.эф}} = C_{1\text{кг.сорб}} / k \quad (1)$$

где $K_{\text{эк.эф}}$ – коэффициент экономической эффективности, руб./кг; $C_{1\text{кг.сорб}}$ – стоимость 1 кг сорбента, руб./кг; k – нефтеёмкость сорбента, кг/кг.

Чем меньше значение коэффициента экономической эффективности, тем дешевле проводить сорбцию нефти с помощью сорбента данной торговой марки. Соответственно, наиболее эффективным материалам синтетических сорбентов будет соответствовать меньшее значение показателя. В таблице 2 приставлены значения коэффициентов экономической эффективности для синтетических сорбентов в общем и для отдельных групп, объединенных по материалу сорбента.

Таблица 2

Значения коэффициента экономической эффективности для групп синтетических сорбентов и отдельных торговых марок синтетических сорбентов

Коэффициент экономической эффективности групп синтетических сорбентов, объединенных по материалу					
	карбамид	полиуретан	полипропилен	полимерный поропласт	микрофибра
$K_{\text{эк.эф}}$	6	31	86	6	105
Коэффициент экономической эффективности отдельных торговых марок					
	«Унисорб»	«Унисорб-био»	«Унисорб-М»	«Униполимер-био»	Турбополимер
$K_{\text{эк.эф}}$	8,0	8,5	4,5	5,4	6,7

Рассчитанный коэффициент экономической эффективности показывает, что наиболее дешево проведение процесса удаления нефти с помощью сорбентов, состоящих из карбамида и микрофибры, что согласуется с данными, показанными по результатам анализа таблицы 1. Коэффициент экономической эффективности так же был рассчитан для отдельных торговых марок сорбентов, изготовленных из карбамида и микрофибры (табл. 3).

Сорбенты торговых марок «Унисорб», «Унисорб-био», «Унисорб-М» и «Униполимер-био», изготовлены из вспененного карбамида. Сорбент торговой марки «Турбополимер» из полимерного поропласта. Таким образом, из всего многообразия материалов синтетических сорбентов наилучшим сочетанием свойств обладают пористые сорбенты из карбамида и полимерного поропласта.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ FEMN-2022-0001.

Литература

1. Каменщиков Ф. А., Богомольный Е. И. Удаление нефтепродуктов с водной поверхности и грунта. – 2006.
2. Скирдин К. В., Казьмина О.В. Анализ нефтесорбентов: виды, свойства и эффективность применения. // Нефтехимия. – 2022. – Т. 62. – № 6. – С. 797–815.
3. Матвеева Т. В. Производство автокомплектующих из полиуретана: основные тенденции и перспективы // Инновационные процессы в экономике, управлении и социальных коммуникациях. – 2015. – С. 295-299.
4. Сергеев И. М. История и современное состояние индустрии производства полипропилена в России // НефтеГазоХимия. – 2022. – № 3. – С. 34-39.