

УДК 628.543.081.3+662.642.099.2

**А. Э. ТОМСОН, Т. В. СОКОЛОВА, Т. Я. ЦАРЮК, А. С. МАРЗАН,
М. Г. КАЛАНТАРОВ, В. С. ПЕХТЕРЕВА**

Беларусь, Минск, Институт природопользования НАН Беларуси

E-mail: info@nature-nas.by

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТОРФА И ПРОДУКТОВ ЕГО ПЕРЕРАБОТКИ

Известно, что торф и продукты его переработки могут эффективно использоваться при очистке сточных вод от ионов цветных и тяжелых металлов [1; 2], радиоактивных отходов [3], взвешенных и поверхностно-активных веществ, красителей, нефтепродуктов, жиров [4], при очистке газовых выбросов ряда промышленных предприятий [5], ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на воде и почве [6; 7].

Благодаря наличию широкого спектра функциональных групп, торф способен принимать участие в ионообменных процессах, т. е. поглощать ионы тяжелых и цветных металлов из сточных вод. Роль ионообменных центров в торфе выполняют в основном карбоксильные ($-\text{COOH}$) и гидроксильные ($-\text{OH}$) группы, подвижный протон которых в зависимости от pH среды способен замещаться другими катионами. Кроме того, в литературе имеются сведения о наличии в торфе способных к ионному обмену гетероциклических групп $=\text{NH}$ и $-\text{NH}_2$, а также азотсодержащих (основные группы), входящих в состав ионообменного комплекса торфа [2].

Емкость обмена наиболее типичных видов торфа колеблется в пределах 0,77–1,78 мг-экв/г органической массы торфа (по иону бария при pH 6,5). При этом емкость обмена торфа сопоставима с емкостью обмена минеральных сорбентов и несколько ниже емкости обмена для синтетических ионитов. Наибольшей емкостью обмена обладают низинные и переходные типы торфа высокой степени разложения.

Явно выражена зависимость обменной емкости торфа от pH. По виду кривых потенциометрического титрования торфа щелочью, а также по результатам спектрального исследования торф относится к числу полифункциональных, слабокислотных катионитов. При кислой и нейтральной реакции среды замещается водород карбоксильных групп, а при щелочной – в обмен вступают водородные ионы фенольных гидроксидов.

Основные закономерности, полученные при изучении катионного обмена на торфе, подчиняются общим закономерностям теории ионного

обмена. В процессе ионного обмена торфу присуща избирательность (селективность), проявляющаяся в том, что динамическая обменная емкость торфа зависит не только от числа функциональных групп, но и от природы катиона. Мерой избирательности служит концентрационная константа обмена. Экспериментально установлено, что концентрационные константы обмена $\text{Me}-\text{H}$ из 0,1 н растворов хлоридов составляют для ионов щелочных металлов 10^{-3} , щёлочноземельных – 10^{-2} , ионов цинка, никеля и кобальта – 10^{-1} и для иона меди – больше единицы.

Порядок избирательности для одновалентных ионов металлов соответствует ряду $\text{Ag}^{+1} > \text{Tl}^{+1} > \text{Cs}^{+1} > \text{K}^{+1} > \text{Na}^{+1} > \text{Li}^{+1}$, для двухвалентных – $\text{Cu}^{+2} > \text{Co}^{+2} > \text{Zn}^{+2} > \text{Ni}^{+2} > \text{Ba}^{+2} > \text{Sr}^{+2} > \text{Ca}^{+2} > \text{Mg}^{+2}$.

В случае обмена ионов щелочных и щёлочноземельных элементов порядок сродства к ионообменному комплексу торфа имеет нормальный вид и соответствует ряду размеров ионов.

Характерной особенностью в поведении ионов переходных или ионов с неблагородногазовой электронной оболочкой является повышенное сродство к торфу по сравнению со щелочными и щёлочноземельными металлами. Концентрационные константы обмена на порядок выше по сравнению с константами обмена для щёлочноземельных металлов и на два порядка – по сравнению с константами обмена для ионов щелочных металлов. Способность избирательно поглощать отдельные катионы металлов создает предпосылки к использованию торфа в следующих направлениях:

- очистка сточных вод гальванических производств в машиностроении и металлообработке;
- отделение микроколичеств ионов цветных металлов из смесей со щелочными металлами;
- накопление стратегических элементов (например, уран) из морской и океанской воды;
- концентрирование редких металлов из пластовых (сильно минерализованных) рассолов и вод;
- обезвреживание газовых выбросов предприятий сельскохозяйственного профиля от аммиака и сероводорода;
- использование в качестве компонента к подстилке при напольном выращивании цыплят-бройлеров.

Известно значение торфа как исходного сырья для получения углеродных адсорбентов (активированных углей) – важного материала при защите водного и воздушного бассейна, а в последнее время и почвы от широкого круга органических поллютантов. Технология получения угля из торфа включает следующие стадии: подсушивание торфа до определенной влажности, формование либо измельчение до нужной

кондиции, карбонизация до заданной температуры и активирование водяным паром или газообразными агентами. В случае химической активации торф карбонизируют с добавкой химиката. После отмывки от реагента продукт карбонизации представляет собой активированный уголь. Работы сотрудников института по получению активированных углей из торфа базируются на глубоких знаниях торфа как природного сырья растительного происхождения, химический состав которого обусловлен условиями генезиса и в то же время является определяющим в процессах получения активированных углей. Значительные исследования проведены в области оценки пригодности торфов различного ботанического состава и степени разложения для получения торфяных активированных углей с различным характером пористой структуры. Установлено, что развитие супермикропор и мезопор 1–3 нм определяется количеством углеводов в торфе, т. е. чем выше степень разложения торфа, тем менее развита мезопористость угля. Поскольку механическая прочность углей возрастает при увеличении степени разложения исходного торфа, при значениях данного показателя ниже 25–30 % торф служит сырьем для получения порошкообразных углей осветляющего типа (очистка растворов от высокомолекулярных растворенных веществ), при степени разложения больше 30 % – гранулированных микропористых при сорбции низкомолекулярных примесей, причем эта закономерность относится к углям как парогазовой, так и химической активации.

Показано, что в области малых обгаров развитие получают микропоры, при увеличении степени обгара возрастают объем и размер мезопор, микропоры также укрупняются.

При изучении зависимости сорбционных свойств и характера пористой структуры от химического состава торфа было установлено, что в формировании пористой структуры принимают участие все классы органического вещества торфа, кроме битумов. Это явилось обоснованием технологии комплексной безотходной переработки торфа высокой степени разложения с получением торфяного воска и активированных углей из обезбитуминированного торфа [8], а при химической переработке слаборазложившихся торфов – торфяных гидролизатов для выращивания кормовых дрожжей и активированного угля из остатков гидролиза [9].

Учитывая объемы и типы производимых в странах СНГ активированных углей, а также спрос на них в Беларуси и за рубежом, наиболее перспективной в условиях сырьевой базы республики является организация производства следующих типов активированных углей из торфа: гранулированного рекуперационного; гранулированного и порошкообразного для очистки фармацевтических и пищевых продуктов, питьевой воды и применения в качестве энтеросорбента; порошкообразного общетехнического

назначения. В институте проводятся также исследования по получению активированных углей специального назначения: для сорбции радионуклидов, причем как на стадии выращивания растениеводческой продукции, так и при кормлении животных. Разработана на основе торфяного активированного угля, модифицированного комплексобразующим специфическим цезий-связывающим агентом, кормовая добавка с радиопротекторными свойствами. Установлена ее высокая радиологическая эффективность в составе рационов крупного рогатого скота.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Наумова, Л. Б. Торф как природный сорбент для выделения и утилизации металлов из сточных вод / Л. Б. Наумова, Н. П. Горленко, З. И. Отмакова // Журнал прикладной химии. – 1995. – Т. 68, № 9. – С. 1461–1465.
2. Соколова, Т. В. Применение гранулированного торфа для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.15.05 / Соколова, Тамара Владимировна. – Минск, 1988. – 21 с.
3. Щебетковский, В. Н. Сорбционные свойства гранулированного сорбента на основе гумусовых веществ / В. Н. Щебетковский, А. Г. Хорошайлов, А. А. Бочкова // Радиохимия. – 1978. – № 4. – С. 497–499.
4. Томсон, А. Э. Торф и продукты его переработки. / А. Э. Томсон, Г. В. Наумова. – Минск : Беларус. навука, 2009. – 327 с.
5. Волкова, Е. И. Адсорбционная очистка нефтесодержащих сточных вод / Е. И. Волкова, А. А. Загорская, А. А. Большакова // Известия вузов. Серия: Строительство. – 1999. – № 10. – С. 76–77.
6. Оценка возможности использования торфа в качестве сорбента газообразного аммиака / А. Э. Томсон [и др.] // Природопользование : сб. науч. тр. – Минск, 2001. – Вып. 7. – С. 110–112.
7. Патент BLR 2551. Адсорбент для сбора нефти, нефтепродуктов, масел и углеводородов с поверхности воды и почвы : опубл. 30.12.1998 / Липская Т. И., Журавлёв В. Н., Томсон А. Э., Липский В. К., Пехтерева В. С., Соколова Т. В. – URL: <https://by.patents.su/3-2551-adsorbent-dlya-sbora-nefti-nefteproduktov-masel-i-uglevodorodov-s-poverhnosti-vody-i-rochvy.html> (дата обращения: 10.03.2025).
8. Мазина, О. И. Использование обезбитуминированного торфа для производства активных углей / О. И. Мазина, В. К. Жуков, Г. П. Макеева // Получение и использование восков и сопутствующих продуктов из бурых углей и торфа : тез. докл. науч. конф. – Минск, 1974. – С. 56.
9. Лукьянова, З. К. Использование негидролизуемого остатка верховых торфов малой степени разложения для получения активных углей / З. К. Лукьянова, О. И. Мазина // Известия АН БССР. Серия химических наук. – 1972. – № 5. – С. 120–123.