

**ОЦЕНКА СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ДИСПЕРСНОЙ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ  
К ФОРМАЛЬДЕГИДУ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ****ASSESSMENT OF SORPTION CAPACITY OF DISPERSED PINE WOOD TOWARDS  
FORMALDEHYDE IN AQUEOUS SOLUTIONS**

**Поляков А.С.**, студент лесопромышленного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Россия, Воронеж

**Шарыгин Н.С.**, студент лесопромышленного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Россия, Воронеж

**Новикова Л.А.**, кандидат химических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Россия, Воронеж

**Polyakov A.S.**, student of the faculty for woodworking and timber industry at FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia

**Sharygin N.S.**, student of the faculty for woodworking and timber industry at FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia

**Novikova L.A.**, PhD in chemistry, associate professor at department of chemistry of FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia

**Аннотация.** В работе определена сорбционная способность дисперсной древесины сосны к формальдегиду в водных растворах с концентрацией 0,142 моль/л при  $t=20^{\circ}\text{C}$ . В качестве образца дисперсной древесины использована шлифовальная пыль с размером частиц 125-250 мкм, являющаяся отходом мебельного комбината. Получены кинетические кривые сорбции, указывающие на достижение сорбционного равновесия в течение 30 мин. Определено влияние скорости перемешивания системы и соотношения *сорбент:сорбат* на величину сорбции формальдегида. Максимальное значение сорбционной емкости сорбента на основе дисперсной древесины сосны составило 28,5 мг/г, что позволяет рекомендовать его в качестве «зеленого» сорбента промышленных токсикантов.

**Summary.** Sorption capacity of dispersed pine wood towards formaldehyde was determined from its 0.142 mol/l solutions at  $t=20^{\circ}\text{C}$ . Grinding dust from pine wood processing accumulated as a waste of furniture enterprise with a particle size of 125-250  $\mu\text{m}$  was used as a sample of dispersed wood. Kinetic curve of formaldehyde sorption testified that equilibrium is reached after 30 min. The effect of speed of mixing of the system as well as that of the sorbent/sorbate ratio on the value of formaldehyde sorption were determined. The maximal value of sorption capacity of the sorbent

based on dispersed pine wood came to 28,5 mg/g that allows considering it as a “green” sorbent for industrial toxicants capture.

**Ключевые слова:** дисперсная древесина, шлифовальная пыль, сосна, адсорбция, формальдегид.

**Keywords:** dispersed wood, grinding dust, pine, adsorption, formaldehyde.

При переработке древесины различных пород на предприятиях лесозаготовительной, деревоперерабатывающей и мебельной промышленности ежегодно образуется огромное количество (60÷80 млн. м<sup>3</sup> [1]) отходов в виде крупно- и мелкодисперсной древесины (стружки, опилки, окорка, щепа, древесная мука и пыль) [2, 3], частично перерабатываемой в целлюлозу и технологическую щепу, а в основном сжигаемой в виде топлива [3] или складываемой без утилизации. Отходом фанерного производства и механической обработки древесины резцами или шлифованием является шлифовальная пыль (частицы размером 0,01-0,02 мм), образующаяся в количестве 10-15% и представляющая серьезную пожароопасность [4]. Последние исследования по развитию технологий глубокой переработки отходов древесины показали, что экстракты коры богаты дубильными веществами, антоцианами и востребованы в производстве фармпрепаратов [5, 6], а тонкие фракции дисперсной древесины могут служить «зеленым» адсорбентом для сорбционной очистки почвы, воды и воздуха от промышленных загрязнителей [2].

Целью данной работы явилось изучение сорбционной способности дисперсной древесины сосны в отношении промышленного токсиканта формальдегида в водных растворах.

Объекты исследования включали сорбент на основе дисперсной древесины сосны (ДДС) и растворы формальдегида. Дисперсная древесина сосны была представлена образцом шлифовальной пыли (ХК «Мебель Черноземья», станок ШЛПС [4]), с фракциями частиц (мкм) 125 (50%), 180 (81%), 250 (21%), влажностью 6,5 % и насыпной плотностью 136,9 кг/м<sup>3</sup>[4]. Сорбцию формальдегида проводили из раствора с концентрацией 0,142 моль/л, при варьировании времени сорбции (10-60 мин), соотношения сорбент:сорбат (1:500, 1:200, 1:100, 1:50 в пересчете на 50 мл раствора) и скорости перемешивания (100, 250 об/мин, шейкер Elpanlaboratoryinstruments 358S, Poland) при температуре 20±1°C. Количественное определение формальдегида проводили сульфитным методом. Величину адсорбции рассчитывали по формуле:

$$a = \frac{(C_0 - C_{\text{равн}}) \cdot V_{\text{р-ра}}}{m_{\text{сорб}}},$$

где  $a$  – адсорбция формальдегида, ммоль/г;  $C_0$  – начальная концентрация раствора, моль/л;  $C_{\text{равн}}$  – равновесная концентрация раствора, моль/л;  $V_{\text{р-ра}}$  – объем раствора, л;  $m_{\text{сорб}}$  – масса сорбента, г.

В водных растворах молекулы формальдегида существуют в гидратной форме HO-CH<sub>2</sub>-OH, которая будет принимать участие в адсорбционных процессах. В таблице 1 представлены результаты определения адсорбционной емкости сорбента на основе дисперсной древесины сосны в зависимости от параметров процесса. Формальдегид может сорбироваться как за счет межмолекулярного (водородные связи), так и за счет химического

взаимодействия с активными группами основных компонентов дисперсного сорбента. Полученное значение сопоставимо с адсорбционной емкостью природного цеолита клиноптилолита (0,65 ммоль/г или 19,5 мг/г [7]), глинистых минералов [8] и сорбентами на основе растительных отходов [9].

**Таблица 1.** Значения адсорбции формальдегида из 0,142 М раствора сорбентом на основе дисперсной древесины сосны в зависимости от условий проведения процесса

Сорбент	Параметры процесса сорбции					
	Время, мин	а, ммоль/г	Скорость вращения, а, ммоль/г об/мин		m, г а, ммоль/г	
			<i>Время сорбции 30 мин</i>			
ДДС	0	0	0	0,05	0,10	0,497
	10	0,59	100	0,95	0,25	0,199
	20	0,30	250	0,40	0,50	1,2
	30	0,40			1,00	0
	60	0,42				

Интенсивность перемешивания системы оказывает влияние на величину адсорбции и приводит первоначально к ее повышению до 0,95 ммоль/г при 100 об./мин, а затем к существенному снижению величины адсорбции до 0,40 ммоль/г при скорости 250 об./мин, что согласуется с литературными данными [10] и может быть вызвано изменением ламинарного потока на турбулентный и преобладанию десорбционных процессов над сорбционными.

Изменение соотношения сорбент:сорбат в интервале 1:500, 1:200, 1:100, 1:50 показывает, что оптимальным соотношением для протекания адсорбции формальдегида является соотношение 1:100.

Таким образом, изучение адсорбции формальдегида образцом дисперсной древесины сосны показало, что данный материал может быть успешно использован в качестве сорбента при очистке воды от промышленных загрязнителей.

### Список литературы

1. Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Основы комплексной переработки древесного сырья: учебное пособие. – СПб.: СПбГЛТУ, 2016. –60 с.
2. Довгаль В.А., Новикова Л.А. Сорбционные свойства дисперсной древесины // Молодежь и наука : мат-лы международной науч.-практ. Конф. Старшекласников, студентов и аспирантов (29 мая 2020 г.) ; Мин-во науки и высш. Образования РФ, ФГАОУ ВО «УрФУ им. Первого Президента России Б. Н. Ельцина», Нижнетагил. Технол. Ин-т (фил.). – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2020. С. 159-162.
3. Шаталов П.В., Подкопаева А.Л. Инновационный подход к утилизации древесных отходов при опилки городских насаждений в Г. Воронеже // Инновации, технологии и бизнес. – 2020. – № 1(7). – С. 102-108.

4. Пономаренко Л.В., Кантиева Е.В. Влияние шлифовальной пыли как наполнителя карбамидоформальдегидных клеев на их технологические свойства // Лесотехнический журнал. – 2018. – Т. 8. – № 1 (29). – С. 165–175.
5. Тюлькова Ю.А., Рязанова Т.В., Еременко О.Н., Тарченкова Т.М. Экстрактивные вещества водно-щелочного экстракта коры сосны // Хвойные бореальной зоны, XXXI, № 3 – 4, 2013, с. 101-104.
6. Сенашова В.А., Пермякова Г.В., Гродницкая И.Д., Пашенова, Н.В. Лоскутов С.Р. Изучение антимикробных свойств экстрактивных веществ хвойных // Сибирский лесной журнал. 2019. № 3. С. 71–77.
7. Novikova L.A., Bogdanov D.S., Belchinskaya L.I., Kolousek D., Doushova B., Lhotka M., Petukhova G.A. Adsorption of Formaldehyde from Aqueous Solutions Using Metakaolin-Based Geopolymer Sorbents // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, 2019, Vol. 55, No. 5, pp. 864–871
8. Ходосова Н.А., Бельчинская Л.И., Стрельникова О.Ю., Анисимов М.А. Сорбция формальдегида и воды природными и термообработанными клиноптилолитом и монтмориллонитом // Сорбционные и хроматографические процессы. 2012. Т. 12. Вып. 3, С. 445-452.
9. Sabino De Gisi, Giusy Lofrano, Mariangela Grassi, Michele Notarnicola Characteristics and adsorption capacities of low-cost sorbents for wastewater treatment: A review // Sustainable Materials and Technologies, 2016, V. 9, P. 10-40.
10. Pramesti K.A., Kusumadewi R.A., Hadisoebroto R. The effect of mixing speed and contact time on the process of dye adsorption using corncobs adsorbent // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 737 (2021) 012014 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/737/1/012014

### References

1. Varankina G.S., Chubinskiy A.N. Osnovy kompleksnoi pererabotki drevesnogo syriya: uchebnoe posobie. – SPb.: SPbGLTU. 2016. 60 с.
2. Dovgal V.A., Novikova L.A. Sorbtsionnye svoistva dispersnoi drevesiny // Molodej i nauka: materialy mejdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii starsheklassnikov, studentov i aspirantov (29 May 2020) ; Ministerstvo nauki i vyshego obrazovaniya RF, FGAOU VO «UrFU im. Pervogo presidenta Rossii B.N. Eltsyna», Nijnetagil. Tekhnol. In-t. (fil.). – Nijniy Tagil: NTI (filial) UrFU. 2020. С. 159-162.
3. Shatalov P.V., Podkopaev A.L. Innovatsionnyi podkhod k utilizatsii drevesnykh orkhodov pri opilovke gorodskikh nasajdeniy v g. Voroneje // Innovatsii, tekhnologii i bizness. 2020. № 1 (7). С. 102-108.
4. Ponomarenko L.V., Kantieva E.V. Vliyanie shlifovalnoi pyli kak napolniteliya karbamidoformaldehydnykh klev na ikh tekhnologicheskie svoistva // Lesotekhnicheskii zhurnal. 2018. Vol. 8. № 1 (29). P. 165–175.
5. Tyulkova Yu.A., Ryazanova T.V., Eremenko O.N., Tarchenkova T.M. Ekstraktivnye veshchestva vodno-shchelochnogo ekstrakta kory sosny // Khvoynye borealnoi zony. XXXI. № 3-4. 2013. С. 101-104.

6. Senashova V.A., Permyakova G.V., Grodnitskaya I.D., Pashenova N.V., Loskutov S.R. Izucheniye antimikrobnnykh svoystv ekstraktivnykh veshchestv khvoihykh // Sibirskiy lesnoi journal. 2019. № 3. С. 71–77.
7. Novikova L.A., Bogdanov D.S., Belchinskaya L.I., Kolousek D., Doushova B., Lhotka M., Petukhova G.A. Adsorption of Formaldehyde from Aqueous Solutions Using Metakaolin-Based Geopolymer Sorbents // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, 2019, Vol. 55, No. 5, pp. 864–871
8. Khodosova N.A., Belchinskaya L.I., Strelnikova O.Yu., Anisimov M.A. Sorbtsiya formaldehyde i vody prirodnyimi i termoobrabotannymi klinoptilolitom i montmorillonitom // Sorbtsionnie I khromatographicheskie processy. 2012. T. 12. V. 3.С. 445-452.
9. De Gisi S., Lofrano G., Grassi M., Notarnicola M. Characteristics and adsorption capacities of low-cost sorbents for wastewater treatment: A review // Sustainable Materials and Technologies. 2016. V. 9. P. 10-40.
10. Pramesti K.A., Kusumadewi R.A, Hadisoebroto R. The effect of mixing speed and contact time on the process of dye adsorption using corncobs adsorbent // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 737 (2021) 012014 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/737/1/012014