



МЕХАНИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 691.11

Е.Н. Покровская, И.В. Котенева

Покровская Елена Николаевна родилась в 1938 г., окончила в 1960 г. Московский химико-технологический институт им. Д.И. Менделеева, доктор технических наук, профессор кафедры общей химии Московского государственного строительного университета, член-корреспондент РАЕН. Имеет более 200 научных трудов в области изучения древесины памятников деревянного зодчества, модифицирования ее элементарноорганическими соединениями.



Котенева Ирина Васильевна родилась в 1978 г., окончила в 2001 г. Брянский государственный университет, аспирант кафедры общей химии Московского государственного строительного университета. Имеет 1 печатную работу в области изучения древесины памятников (химический состав, удельная поверхность, прочность, сорбционная способность).



ИЗУЧЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ПАМЯТНИКОВ ДЕРЕВЯННОГО ЗОДЧЕСТВА

Методом сорбции исследованы образцы древесины памятников деревянного зодчества.

Ключевые слова: древесина памятников, целлюлоза, лигнин, пентозаны, сорбция, удельная поверхность.

Древесина имеет разветвленную капиллярно-пористую структуру, которая может характеризовать долговечность и сохранность эксплуатационных свойств конструкций. Для характеристики внутренней структуры древесины может быть использован метод сорбции [2].

Исследованию подвергали образцы заболонной древесины сосны, взятые из различных памятников деревянного зодчества: Успенского собора Кирилло-Белозерского монастыря (дата постройки 1493 г.); колокольни деревни Кулига Красноборского района Архангельской области (1600 г.); Ильинской церкви (1699 г.) и Преображенского собора (1790 г.), г. Белозерск; дома Толстых, г. Калуга (1870 г.); Преображенской церкви в Кижях, Карелия (1700 г.); летнего дворца-усадьбы Останкино, г. Москва (1750 г.). Кроме того, исследовали образцы и свежесрубленной древесины.

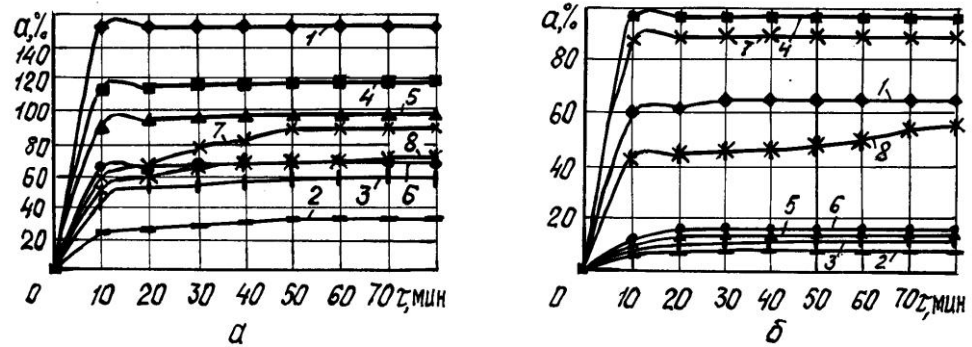


Рис. 1. Кинетические кривые сорбции адсорбат – $H_2O_{\text{дист}}$ (а), адсорбат – C_6H_6 (б): 1 – 1493 г. (—); 2 – 1600 (—); 3 – 1699 (—); 4 – 1700 (—); 5 – 1750 (—); 6 – 1790 (—); 7 – 1870 (—); 8 – 2000 г (—)

Для изучения сорбции были выбраны следующие адсорбтивы: вода дистиллированная, имеющая большое поверхностное натяжение и смачивающая поверхность капилляров древесины; бензол, не смачивающий капилляры.

Образцы древесины размером $5 \times 5 \times 5$ мм погружали в 50 мл адсорбтива. Через каждые 10 мин снимали кинетические кривые сорбции (рис. 1). Для всех изученных случаев предельное значение сорбции достигалось через время $\tau = 20 \dots 60$ мин. Ход кинетических кривых показывает, что процесс сорбции в образцах происходит по-разному, но для всех образцов характерна общая закономерность – предельная сорбция воды a превышает аналогичный показатель бензола, кроме образца 7, для которого они практически одинаковы. Разница между значениями предельной сорбции воды и бензола характеризует степень развития капилляров древесины.

Учитывая, что объем образцов в ходе сорбции не изменялся, рассчитывали удельную поверхность образцов древесины $S_{\text{уд}}$ по формуле [1]

$$S_{\text{уд}} = \frac{\Delta m \cdot 10^{-3}}{m_0 g M_r} N_A S,$$

где Δm – разность между исходной массой образца m_0 и массой образца во время сорбционного равновесия, г;

g – плотность образца, $г/см^3$;

M_r – молярная масса адсорбата, г/моль;

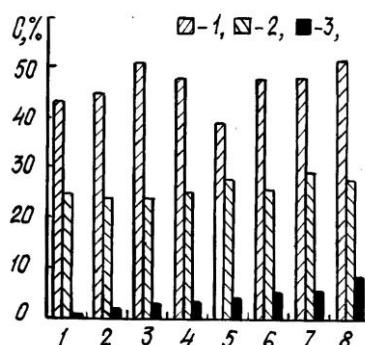
N_A – число Авогадро, моль $^{-1}$;

S – площадь поперечного сечения молекулы адсорбата, м 2 .

Результаты расчетов представлены в таблице. Значения удельной поверхности позволяют судить о состоянии внутренней структуры древесины, характеризуя ее рыхлость.

Во всех образцах (1 – 8) массовую долю целлюлозы $C_{\text{ц}}$ определяли азотно-спиртовым методом, лигнин – с 72 %-й серной кислотой

Рис. 2. Массовая доля компонентов С в образцах древесины памятников (года постройки с 1 – 8 см. на рис. 1): 1 – целлюлоза, 2 – лигнин, 3 – пентозаны



в модификации ВНПОбумпрома, пентозаны – модифицированным бромид-броматным методом [3]. Соотношение компонентов древесного комплекса представлено на рис. 2.

Полученные совокупные характеристики (см. таблицу) позволяют судить о состоянии древесины различных памятников деревянного зодчества.

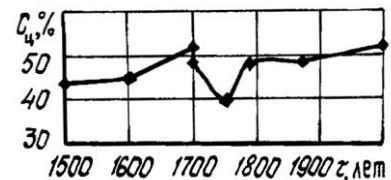
Как видно из рис. 2, в течение пятисот лет содержание лигнина в древесине памятников изменилось незначительно (не более 5 %), целлюлозы – более заметно (от 3 до 7 %). В одном случае (образец 5) содержание целлюлозы уменьшилось на 11 %. Для пентозанов характерно постоянное снижение их содержания в древесине во времени. Например, через 500 лет в образце 1 осталось всего 0,52 % пентозанов. Постоянное удаление из древесины пентозанов делает целлюлозу более доступной для гидролитического разложения. Образцы с меньшим содержанием пентозанов имеют и меньше целлюлозы. На содержание лигнина количество пентозанов заметного влияния не оказывает. Содержание целлюлозы в древесине памятников изменяется во времени, и кривая, отражающая это, имеет максимумы и минимумы (рис. 3).

Наименьшее содержание целлюлозы отмечено через 250 и 500 лет эксплуатации.

| Порядковый номер образца* | $a = \Delta m/m, \%$ | | $\Delta a, \%$ | $S_{уд}, \text{м}^2/\text{Г}$ | $C_{ц}$ | $C_{л}$ | $C_{п}$ | g, г/см ³ |
|---------------------------|----------------------|-------------------------------|----------------|-------------------------------|---------|---------|---------|----------------------|
| | H ₂ O | C ₆ H ₆ | | | % | | | |
| 1 | 152,23 | 65,70 | 86,53 | 11,71 | 43,59 | 25,00 | 0,52 | 0,4365 |
| 2 | 32,63 | 8,86 | 23,77 | 2,51 | 44,88 | 24,18 | 2,16 | 0,5920 |
| 3 | 58,00 | 12,87 | 45,13 | 4,46 | 51,46 | 24,17 | 3,26 | 0,5155 |
| 4 | 118,00 | 97,30 | 20,70 | 9,08 | 48,27 | 25,53 | 3,50 | 0,4896 |
| 5 | 97,00 | 14,10 | 82,90 | 7,46 | 39,38 | 28,03 | 4,50 | 0,4440 |
| 6 | 67,75 | 16,24 | 51,51 | 5,21 | 48,17 | 26,23 | 5,54 | 0,4408 |
| 7 | 88,49 | 89,73 | -1,43 | 6,81 | 48,53 | 29,66 | 6,02 | 0,4547 |
| 8 | 69,51 | 54,80 | 14,17 | 5,50 | 51,90 | 28,20 | 9,00 | 0,4744 |

* Совпадает с обозначениям на рис. 1.

Рис. 3. Изменение во времени содержания целлюлозы в образцах древесины памятников



Таким образом, в ходе исследования было установлено, что древесина Успенского собора Кирилло-Белозерского монастыря имеет самое высокое значение удельной поверхности ($11,71 \text{ м}^2/\text{г}$) и, как следствие, наиболее низкую плотность ($0,4365 \text{ г}/\text{см}^3$), а также самую большую разницу между значениями предельной сорбции воды и бензола (86,53 %).

Это говорит о том, что древесина строений Успенского собора является наиболее деградированной из всех изученных образцов и требует особого внимания. В плохом состоянии находится древесина Преображенской церкви (высокое значение удельной поверхности), музея Останкино (высокие значения Δa и $S_{\text{уд}}$, самое низкое содержание целлюлозы – 39,38 %, низкая плотность), дома Толстых. В последнем случае практически отсутствует система капилляров (Δa имеет отрицательное значение), высока удельная поверхность. Состояние древесины колокольни деревни Кулига, Ильинской церкви и Преображенского собора оценивается как удовлетворительное.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. – М.: Мир, 1970.
2. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. – М.: Химия, 1976.
3. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы. – М.: Экология, 1991.

Московский государственный
строительный университет

Поступила 23.05.02

E.N. Pokrovskaya, I.V. Koteneva

Study of Wood of Wooden Architecture Monuments

Wood samples of wooden architecture monuments are investigated by sorption method.