

УДК 632.4:[69.059+620.186]

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.212

## МИКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ ИСТОРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ\*

*Е.Н. Покровская<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф.; ORCID: 0000-0001-9726-0084*

*Д.В. Агапов<sup>2</sup>, дир. ООО «Архстройэкспертиза»*

*Ю.Л. Ковальчук<sup>3</sup>, канд. биол. наук, ст. научн. сотр.; ORCID: 0000-0002-0656-008X*

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Ярославское шоссе, д. 26, Москва, Россия, 129337;

e-mail: elenapokrovskaya@bk.ru

<sup>2</sup>ООО «Архстройэкспертиза», просп. Троицкий, д. 63, г. Архангельск, Россия, 163000;

e-mail: dv.agapov@yandex.ru

<sup>3</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук, Ленинский проспект, д. 33, Москва, Россия, 119071; e-mail: jlkovalchuk@rambler.ru

Деревянная англиканская церковь, построенная в 1853–1855 гг. на месте сгоревшей в 1852 г., находится в г. Архангельске и является объектом культурного наследия регионального значения. Цель настоящей работы – исследование древесины здания церкви для выяснения долговечности и микологической устойчивости деревянных конструкций. Для определения состояния деревянных конструкций памятника проведено микологическое обследование, на основании которого были уточнены сохранность и долговечность древесины. В ходе работ было установлено, что долговечность некоторых деревянных конструкций и деталей памятника внушает опасения. Древесина этих конструкций была изучена с количественным определением разрушающих жизнеспособных спор грибов на 1 см<sup>2</sup>. Прочность древесины определялись по ГОСТ 16483.11–72 и ГОСТ 16483.10–72. Объектом микологических исследований являлись конструкции сруба (главного, северного, бокового фасадов), фундамента, крыши и оконного заполнения. Устанавливались: количество жизнеспособных спор грибов на 1 см<sup>2</sup> в пробах древесины; общее количество колониеобразующих микроорганизмов в 1 г пробы; таксономическая принадлежность выделенных штаммов микроорганизмов. В результате микологических исследований в деревянных конструкциях обнаружены биоповреждающие грибы: *Trichoderma viride*, *Trichoderma koningii*, *Fusarium solani*, *Alternaria alternata*. В пробах выявлены актиномицеты, дрожжеподобные грибки и бактерии, что свидетельствует о жизнеспособности спор грибов. Дереворазрушающие грибы отсутствовали. В результате определения зависимости прочности древесины от количества жизнеспособных спор установлено, что значительные разрушения древесины начинаются при наличии в ней более 100 спор/см<sup>2</sup>. Представленные образцы древесины показали микологическую устойчивость и прочность. При использовании в реставрационных работах старой и новой древесины рекомендуется обязательная обработка защитными средствами, которые активно подавляют развитие всех видов микроорганизмов, включая дереворазрушающие и плесневые грибы. Проведенные исследования здания деревянной англиканской церкви показывают, что сочетание натурного и микологического обследования конструкций памятника будет способствовать его сохранности в течении длительного времени.

**Для цитирования:** Покровская Е.Н., Агапов Д.В., Ковальчук Ю.Л. Микологическое обследование древесины исторических объектов культурного наследия // Лесн.

\*Статья опубликована в рамках реализации программы развития научных журналов в 2019 г.

журн. 2019. № 4. С. 212–220. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.212

*Ключевые слова:* деревянная англиканская церковь, натурное обследование, сохранность древесины, микологические исследования, биоразрушающие микроорганизмы, определение прочности древесины.

### *Введение*

Проблема сохранения исторических деревянных памятников является актуальной. В Архангельской области (г. Архангельск, наб. Георгия Седова, д. 44) расположен объект культурного наследия регионального значения «Англиканская церковь». Сотрудниками ООО «Архстройэкспертиза» были произведены натурные исследования этого памятника. Для уточнения состояния деревянные конструкции памятника были подвергнуты микологическому обследованию, на основании которого была определена сохранность и долговечность его древесины.

Здание ориентировано строго по сторонам света, при этом главным являлся западный фасад, обращенный к наб. Северной Двины. Место, занимаемое церковью, находилось в самом центре оживавшей в летние месяцы Соломбальской купеческой гавани. На фасадах церкви имелось много архитектурных элементов – атрибутов неоготического стиля.

В ходе реконструкции здание было кардинально перестроено. В настоящее время оно принадлежит МОУ «Архангельский детско-юношеский центр».



Рис. 1. Внешний вид деревянного памятника «Англиканская церковь» (г. Архангельск)

Fig. 1. The Anglican church in Arkhangelsk. The façade appearance.

Со временем были утрачены элементы архитектуры первоначального здания: несколько венцов стен, все готические элементы, практически весь кирпичный цоколь, значительная часть убранства интерьеров, печи, внутренние планировки, большая часть столярных заполнений, за исключением сохранившихся косяков некоторых проемов и заполнений фрамуг ряда стрельчатых окон.

### *Объекты и методы исследования*

При обследовании здания церкви необходимо было установить долговечность конструкций. Объектом микологического исследования древесины яви-

лись конструкции церкви: сруб (главный, северный, боковой фасады), фундамент, крыша и оконное заполнение.

Пробы древесины из конструкций помещали на поверхность стерильных питательных сред ушла-агар и среда Сабуро в чашки Петри и инкубировали при температуре 27...28 °С и относительной влажности 90 % в течение недели и более. Там, где отмечался рост грибов и других микроорганизмов (МО), выросшие культуры изучали при увеличении 20<sup>x</sup> под биноклем и при увеличении 630<sup>x</sup> под микроскопом. С этой целью готовили микологические препараты для исследования характера спорообразования изучаемых культур грибов. Рост культур плесневых грибов поддерживали на жидкой питательной среде, содержащей минеральные составляющие (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, NaNO<sub>3</sub>, KCl, FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O и сахара). Определение видов грибов проводили по [1, 3, 5, 18], пользуясь рекомендациями, изложенными в работах [2, 10, 11]. Учет хемоорганотрофных микроорганизмов в пересчете на 1 г пробы проводили на средах: ушла-агар, среда Сабуро. Численность жизнеспособных спор грибов на 1 см<sup>2</sup> поверхности определяли методом прямого посева и последующего подсчета проросших спор; также подсчитывали общее количество колониеобразующих микроорганизмов – КОЕ (в сумме – грибы, дрожжи и бактерии) [6, 7].

Прочность древесины определяли, используя ГОСТ 16483.11–72 и ГОСТ 16483.10–72.

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

Результаты микологического анализа древесины представлены на рис. 2, 3 и в табл. 1.



Рис. 2. Внешний вид колоний грибов на агаровой среде с пробой «Англиканская церковь. Сруб. Главный (западный) фасад, окладной венец»

Fig. 2. Appearance of the fungi colonies on the agar media with sample “Anglican church. The cribwork. The main (western) facade, sole timber.”



Рис. 3. Внешний вид колоний грибов на среде Сабуро с пробой «Англиканская церковь. Сруб. Угол бокового (северного) фасада и дворового (восточного) фасада. Пятый венец, внешне здоровый»

Fig. 3. Appearance of the fungi colonies on the Saburo media with sample “Anglican church. The cribwork. The main (western) facade, sole timber.” The quoin of the the side facade (northern) and the rear façade (eastern). Timber set 5, apparently sound.

Таблица 1  
**Результаты определения количества жизнеспособных спор грибов на 1 см<sup>2</sup>, концентрации микроорганизмов в 1 г пробы и видовой состав выделенных микроорганизмов**

№ пробы	Место отбора пробы	Микроорганизмы (МО), обнаруженные в пробе		Количество жизнеспособных спор на 1 см <sup>2</sup>	Концентрация МО в 1 г пробы (общее количество)
		Сусло-агар	Среда Сабуро		
1	Сруб. Главный (западный) фасад, окладной венец	<i>Penicillium bifforme</i> , <i>Trichoderma koningi</i> , <i>Fusarium solani</i>	<i>Actinomyces</i> Дрожжи <i>Candida</i> бактерии 5 изолятов	89	4,6·10 <sup>3</sup> КОЕ
2	Сруб. Главный (западный) фасад, деревянный оконный отлив	<i>Fusarium solani</i> , <i>Penicillium bifforme</i>	<i>Actinomyces</i> Дрожжи <i>Candida</i> бактерии 4 изолятов	91	4,8·10 <sup>3</sup> КОЕ
3	Сруб. Угол бокового (северного) фасада и дворового (восточного) фасада. Пятый венец, внешне здоровый	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Penicillium aurantiogriseum</i>	<i>Actinomyces</i> Дрожжи <i>Candida</i> бактерии 2 изолятов	10	2·10 <sup>2</sup> КОЕ
4	Конструкции крыши. Стропильная нога второй фермы	<i>Trichoderma viride</i> , <i>Penicillium bifforme</i> , <i>Fusarium solani</i>	<i>Actinomyces</i> Дрожжи <i>Candida</i> бактерии 7 изолятов	90	4,6·10 <sup>3</sup> КОЕ
5	Оконные заполнения. Боковой (северный) фасад	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Penicillium bifforme</i>	<i>Actinomyces</i> Дрожжи <i>Candida</i> бактерии 5 изолятов	12	2,6·10 <sup>2</sup> КОЕ
6	Фундамент. Дворовый (восточный) фасад. Доска опалубки в уровне подшвы буттового фундамента	<i>Cladosporium cladosporioides</i> , <i>Penicillium nigricans</i> , <i>Penicillium bifforme</i>	<i>Actinomyces</i> Дрожжи <i>Candida</i> бактерии 5 изолятов	85	4,3·10 <sup>3</sup> КОЕ
7	Фундамент. Дворовый (восточный) фасад. Лежень, вероятно старого фундамента, обнаруженный при проходке шурфа	<i>Penicillium bifforme</i> , <i>Trichoderma koningi</i> , <i>Fusarium solani</i>	<i>Actinomyces</i> Дрожжи <i>Candida</i> бактерии 5 изолятов	93	4,7·10 <sup>3</sup> КОЕ
8	Фундамент. Боковой (северный) фасад. Оголовок сваи	<i>Penicillium nigricans</i> , <i>Penicillium bifforme</i> , <i>Trichoderma koningi</i> , <i>Fusarium solani</i>	<i>Actinomyces</i> Дрожжи <i>Candida</i> бактерии 5 изолятов	97	4,8·10 <sup>3</sup> КОЕ
9	Фундамент. Боковой (северный) фасад. Лежень	<i>Penicillium sp.</i> , <i>Fusarium solani</i> , <i>Alternaria alternata</i>	<i>Actinomyces</i> Дрожжи <i>Candida</i> бактерии 5 изолятов	91	4,7·10 <sup>3</sup> КОЕ
10	Фундамент. Боковой (северный) фасад. Лежень	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Penicillium sp.</i> , <i>Fusarium solani</i>	<i>Actinomyces</i> Дрожжи <i>Candida</i> бактерии 5 изолятов	102	5,6·10 <sup>3</sup> КОЕ

В результате микологических анализов дереворазрушающие грибы в представленных пробах не были выявлены, однако обнаружены биоповреждающие грибы: *Trichoderma viride*, *Trichoderma koningii*, *Fusarium solani*, *Alternaria alternata* (рис. 2). В пробах на среде Сабуро много актиномицетов, дрожжеподобных грибов и бактерий, что свидетельствует о жизнеспособности спор грибов (рис. 3). Дрожжи, актиномицеты и бактерии способствуют быстрому разложению составляющих древесины (целлюлозы, лигнина) [4, 7, 14].

Определение зависимости прочности на сжатие вдоль волокон древесины образцов главного (западного) фасада англиканской церкви от количества жизнеспособных спор на 1 см<sup>2</sup> показано на рис. 4.

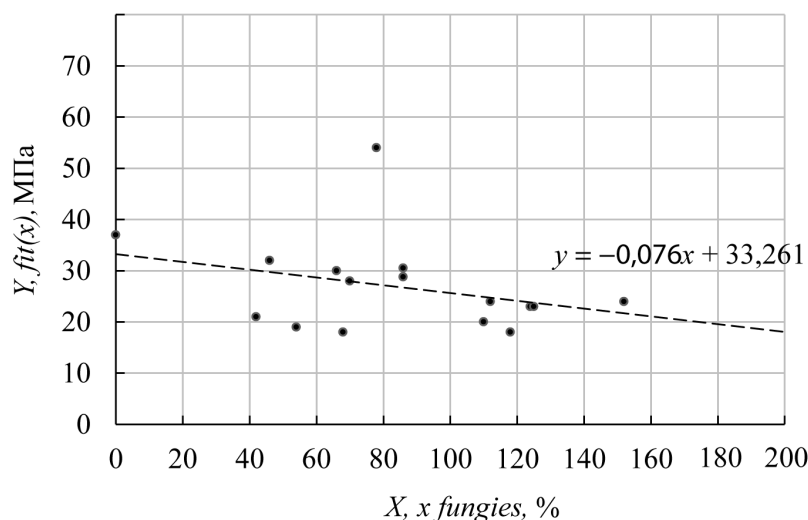


Рис. 4. Зависимость прочности на сжатие вдоль волокон древесины от количества жизнеспособных спор на 1 см<sup>2</sup>

Fig. 4. Dependence of the compression strength along the grain on the number of the viable spores her 1 cm<sup>2</sup>

Как видно из рис. 4, наиболее значительные разрушения начинаются при наличии жизнеспособных спор более 100 шт./см<sup>2</sup>. Все представленные образцы древесины конструкций памятника показывают микологическую устойчивость (количество жизнеспособных спор на 1 см<sup>2</sup> составляет 10...102 шт.).

Согласно обследованию ООО «Архстройэкспертиза», предоставленные образцы древесины характеризуют приблизительно 80 % неразрушенных конструкций здания. Это заключение важно при разработке плана реставрации памятника.

Проведенные микологические исследования выявили природу микроорганизмов, присутствующих в древесине церкви. Обнаруженные грибы родов *Trichoderma*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*, которые не являются дереворазрушающими. При малых концентрациях они не влияют на долговечность конструкций. Присутствие грибов-биоразрушителей на новой древесине необходимо учитывать при проведении реставрационных работ. В новой древесине будет присутствовать другое сообщество плесневых и биоповреждающих грибов, которое может усилить разрушение.



Для длительной сохранности объекта культурного наследия «Англиканская церковь» необходимо новую (взятую для реставрации памятника) и старую древесину конструкций обработать составом, который активно подавляет развитие всех видов микроорганизмов, включая дереворазрушающие и плесневые грибы, дрожжи, актиномицеты и бактерии, и в течение длительного времени будет способствовать сохранности конструкций из дерева, камня, кирпича [4, 8, 9].

#### Заключение

При проведении натурного и микологического обследования памятника культурного наследия регионального значения «Англиканская церковь» (г. Архангельск) установлены показатели его сохранности и долговечности.

Проведенные ранее исследования показывали, что долговечность древесины конструкций исторических памятников в основном зависит от активности биоразрушителей [13, 19], которая усиливается при концентрации жизнеспособных спор микроорганизмов выше 80 шт./см<sup>2</sup>. Изменение прочности древесины памятников наступает, когда содержание количества жизнеспособных спор на 1 см<sup>2</sup> древесины превышает 83...90 см<sup>2</sup>. Исследования представленных образцов показали их микологическую устойчивость, что говорит о возможности проведения реставрационных работ [12, 14–17].

Сохранность исторической древесины памятника культурного наследия «Англиканская церковь» составляет 80 % от объема. Значительное сохранение прочности увеличивает историческую ценность памятника и снижает затраты на реставрационные работы. Новая древесина может быть использована в реставрации памятника только при обязательной обработке ее защитными средствами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Билай В.И., Коваль Э.З. Аспергиллы. Киев: Наук. думка, 1988. 204 с.
2. Биоповреждения и биокоррозия в строительстве // Материалы междунар. науч.-техн. конф. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2004. 255 с.
3. Ванин С.И. Домовые грибы, их биология, диагностика и меры борьбы. Л.: Кубуч, 1931. 112 с.
4. Вахрамеева Т.И., Вахрамеев Е.В., Любимцев А.Э. Обследование и подготовка проектной документации на противоаварийные работы на памятниках деревянного зодчества. Петрозаводск, 2013. С. 6–15.
5. Мейер Э.И. Определитель деревоокрашивающих грибов. М.; Л.: Гослесбуиздат, 1953. 116 с.
6. Покровская Е.Н. Увеличение прочности частично разрушенной древесины памятников деревянного зодчества // Вестн. МГСУ. 2018. Т. 13, вып. 11. С. 1305–1314. DOI: 10.22227/1997-0935.2018.11.1305-1314
7. Покровская Е.Н., Ковальчук Ю.Л. Биокоррозия. Сохранение памятников истории и архитектуры. М.: МГСУ, 2013. 212 с.
8. Покровская Е.Н., Котенёва И.В., Нагановский Ю.К. Долговечность защитного действия составов для древесины на основе элементарноорганических соединений // Строительные материалы. 2004. № 5. С. 52–54.
9. Покровская Е.Н., Ковальчук Ю.Л. Химико-микологические исследования древесины // Сб. тр. I Междунар. научн.-практ. конф., г. Йошкар-Ола, 20–23 сент. 2016 г. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2016. С. 16–19.

10. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Смирнов В.Ф., Семичева А.С., Морозов Е.А. Биологическое сопротивление материалов: моногр. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2001. 196 с.
11. Туркова З.А. Исследование спонтанной микрофлоры комбинированных строительных материалов на минеральной основе // Биологические повреждения строительных и промышленных материалов. М., 1973. С. 100–105.
12. Bjordal C.G. Microbial degradation of waterlogged archaeological wood. *Journal of Cultural Heritage*, 2012. Vol. 13. Issue 3. pp. S118-S122. DOI: 10.1016/j.culher.2012.02.003.
13. Hongbo Yu, Fang Liu, Ming Ke, Xiaoyu Zhang. Thermogravimetric analysis and kinetic study of bamboo waste treated by *Echinodontium taxodii* using a modified three-parallel-reactions model. *Bioresource Technology*, 2015. Vol. 185, pp. 324–330.
14. Naidu Y., Siddiqui Y., Rafii M.Y., Saud H.M., Idris A.S. Investigating the effect of white-rot hymenomycetes biodegradation on basal stem rot infected oil palm wood blocks: Biochemical and anatomical characterization. *Industrial Crops and Products*, 2017. Vol. 108, pp. 872–882.
15. Pokrovskaya E. Increasing the strength of destroyed wood of wooden architecture monuments by surface modification. *MATEC Web of Conferences*, 251, 01034 IPICTE-2018.
16. Pedersen N.B., Bjordal C.G., Jensen P., Felby C. Bacterial degradation of archaeological wood in anoxic waterlogged environments // In: Harding S.E. (ed.) *Stability of Complex Carbohydrate Structures: Biofuels, Foods, Vaccines and Shipwrecks*. Cambridge, 2013. pp. 160–187. DOI: 10.1039/9781849735643-00160.
17. Rabinovich M.L. Lignin by-products of Soviet hydrolysis industry: resources, characteristics, and utilization as a fuel. *Cellulose Chemistry and Technology*, 2014, no. 48 (7–8), pp. 613–631.
18. Raper K.B., Thom Ch., Fennel D.I. A manual of the Penicillia. Baltimore: Williams and Wilkins, 1949. 875 p.
19. Wetzig M., Sieverts T., Bergemann H. Mechanical and physical properties of wood, heat-treated with the vacuum press dewatering method. *Bauphysik*, 2012. Vol. 34, issue 1, pp. 1–10.

Поступила 13.02.19

UDC 632.4:[69.059+620.186]

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.212

### **Mycological Investigation of a Wood Substance of Historic Cultural Heritage\***

**E.N. Pokrovskaya**<sup>1</sup>, Doctor of Engineering, Prof.; ORCID: [0000-0001-9726-0084](https://orcid.org/0000-0001-9726-0084)

**D.V. Agapov**<sup>2</sup>, «Arkhsroyekspertiza» LLC, director;

**Yu.L. Kovalchuk**<sup>3</sup>, Candidate of Biology, Senior Research Scientist; ORCID: [0000-0002-0656-008X](https://orcid.org/0000-0002-0656-008X)

<sup>1</sup>National research Moscow state construction university, 26 Yaroslavskoye Highway, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail: elenapokrovskaya@bk.ru

<sup>2</sup>Arkhsroyekspertiza LLC, 63 Troitsky Ave., Arkhangelsk, Russian Federation; e-mail: dv.agapov@yandex.ru

<sup>3</sup>Institute of environmental problems and evolution named after A.N. Severtsov of the Russian Academy of Sciences, 33 Leninsky Ave., Moscow, 119071, Russian Federation; e-mail: jlkovalchuk@rambler.ru

---

\*The article was published in the framework of implementation the development program of scientific journals in 2019.

The wooden Anglican church developed in Arkhangelsk in 1837 is now a regional site of cultural heritage. The main objective of the present research was to investigate the wood substance of the building elements in order to define their durability and mycological vulnerability. The performed examination revealed that the durability of some wooden components and details of the monument gives cause for concern. The wood substance of those details was investigated by the method of quantitative definition of the viable disrupting spores of fungi per 1 cm<sup>2</sup> and number of colony-forming microorganisms per 1 g of a test mass. Durability of the wood substance was determined in accordance with GOST 16483.11-72 and GOST 16483.10-72. The objects of the mycological researches were: the crib works (main, northern and lateral facades); the basement; the roof; the window framings. The taxonomical accessory of the allocated strains of microorganisms was determined. As a result of mycological investigation, the biodeteriorating fungi of *Trichoderma viride*, *Trichoderma koningii*, *Fusarium solani* and *Alternaria alternata* were discovered. Detection of the actinomycetes, yeast-like fungi and bacteria confirmed the fungi spores viability. Destructive wood fungi were not found. As a result of determination of wood durability dependence on quantity of the viable spores it is verified that significant destructions of wood substance begins at concentration level more than 100 spore/cm<sup>2</sup>. The presented samples of wood have indicated the mycological stability and durability. During usage of the old and new timber for restoration works, obligatory treatment with the protective agents actively suppressing development of all species of microorganisms, including wood-destructive and mold fungi is recommended. The results of the examination of the wooden Anglican church indicate that combination of on-site and mycological investigations of components of a monument enables preservation of historical monuments for long term.

**For citation:** Pokrovskaya E.N., Agapov D.V., Kovalchuk Yu.L. Mycological Investigation of a Wood Substance of Historic Cultural Heritage // *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 2019, no. 4, pp. 212–220. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.4.212

**Keywords:** wooden Anglican church, on-site investigation, mycological researches of biodestructive microorganisms, determination of durability of wood substance, restoration works.

#### REFERENCES

1. Bilai S.I., Koval E.S. Aspergilli [Aspergillus]. Kiev. Naukova dumka, 1988, 204 p.
2. Biodamages and biocorrosion to construction. *Proceedings of the International Conference, Saransk, Russia*, 2004, 255 p.
3. Vanin S.I. House mushrooms, their biology, diagnostics and measures of fight. Leningrad, 1931, 112 p.
4. Vahrameeva T.I., Vahrameev E.V., Lyubimtcev A.E. Inspection and preparation of project documentation for antiemergency works on monuments of wooden architecture. Petrozavodsk, 2013, pp. 6–15.
5. Meyer E.I. Determinant of tree painting mushrooms. Moscow – Leningrad. 1953, 116 p.
6. Pokrovskaya E.N. Increase in durability of partially destroyed wood of monuments of wooden architecture. *Vestnik MGSU*, 2018, Vol. 13. no. 11, p. 1305–1314.
7. Pokrovskaya E.N., Kovalchuk Yu.L. Biocorrosion. Preservation of monuments of history and architecture. Moscow, MGSU Publ., 2013. 212 p.
8. Pokrovskaya E.N., Kovalchuk Yu.L. Chemical and mycologic researches of wood. *Proceedings of the International Conference, Yoshkar-Ola, Russia*, 2016, pp. 16–19.
9. Pokrovskaya E.N., Koteneva I.V., Naganovski Yu.K. Durability of protective action of structures for wood on the basis of the organic compounds. *Stroitelnyye materialy*, 2004. p. 52-54.



10. Solomatov V.I., Erofeev V.T., Smirnov V.F., Semicheva A.S., Morozov E.A. Biological resistance of materials. Saransk, Mordovskiy University Publ., 2001. 196 p.
11. Turkova Z.A. Research of a spontaneous mikoflora of the combined construction materials on a mineral basis. Biological damages of construction and industrial materials. Moscow, 1973. Pp. 100–105.
12. Bjordal C.G. Microbial degradation of waterlogged archaeological wood. *Journal of Cultural Heritage*, 2012. Vol. 13. Issue 3. pp. S118-S122. DOI: 10.1016/j.culher.2012.02.003.
13. Hongbo Yu, Fang Liu, Ming Ke, Xiaoyu Zhang. Thermogravimetric analysis and kinetic study of bamboo waste treated by *Echinodontium taxodii* using a modified three-parallel-reactions model. *Bioresource Technology*, 2015. Vol. 185, pp. 324–330.
14. Naidu Y., Siddiqui Y., Rafii M.Y., Saud H.M., Idris A.S. Investigating the effect of white-rot hymenomycetes biodegradation on basal stem rot infected oil palm wood blocks: Biochemical and anatomical characterization. *Industrial Crops and Products*, 2017. Vol. 108, pp. 872–882.
15. Pokrovskaya E. Increasing the strength of destroyed wood of wooden architecture monuments by surface modification. *MATEC Web of Conferences*, 251, 01034 IPICSE-2018.
16. Pedersen N.B., Bjordal C.G., Jensen P., Felby C. Bacterial degradation of archaeological wood in anoxic waterlogged environments // In: Harding S.E. (ed.) *Stability of Complex Carbohydrate Structures: Biofuels, Foods, Vaccines and Shipwrecks*. Cambridge, 2013. pp. 160–187. DOI: 10.1039/9781849735643-00160.
17. Rabinovich M.L. Lignin by-products of Soviet hydrolysis industry: resources, characteristics, and utilization as a fuel. *Cellulose Chemistry and Technology*, 2014, no. 48 (7–8), pp. 613–631.
18. Raper K.B., Thom Ch., Fennel D.I. A manual of the Penicillia. Baltimore: Williams and Wilkins, 1949. 875 p.
19. Wetzig M., Sieverts T., Bergemann H. Mechanical and physical properties of wood, heat-treated with the vacuum press dewatering method. *Bauphysik*, 2012. Vol. 34, issue 1, pp. 1–10.

Received on February 13, 2019

---