

УДК 60:661.123:582.284:631.46

DOI: 10.31040/2222-8349-2026-0-3-101-107

**БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПЛЕНКИ, СОЗДАННЫЕ НА ОСНОВЕ ПОЛИСАХАРИДОВ
ВЫСШИХ ГРИБОВ *PLEUROTUS OSTREATUS* и *AGARICUS BISPORUS*,
И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СОСТАВ ПОЧВЕННОЙ МИКРОБИОТЫ**

© О.О. Бабичева, А.А. Аббясева, А.М. Петерсон, Л.В. Карпунина

Полимерные пленки, применяемые в различных областях народного хозяйства, составляют значительную часть пластиковых отходов, которые вызывают серьезное загрязнение окружающей среды. Биоразлагаемые пленки, производимые из возобновляемых природных полимеров, являются важной альтернативой синтетическим аналогам. Их применение позволяет существенно сократить экологический ущерб от твердых отходов, не стремясь к полному вытеснению существующих материалов. В настоящей работе представлены исследования пленочных образцов, созданных на основе полисахаридов (ПС) высших грибов – вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus* НК-35, *P. ostreatus* P-88) и шампиньона двуспорового (*Agaricus bisporus* 533, *A. bisporus* 508). Исследованы некоторые структурно-механические свойства этих пленок, изучены их биodeградебельные свойства. Установлено, что био пленки, созданные на основе ПС *P. ostreatus* НК-35, *P. ostreatus* P-88 и *A. bisporus* 533, разлагаются в почве в течение 24 ч. Биodeградация пленок на основе ПС *A. bisporus* 508 происходила в течение 27 ч. Показано, что деградированные пленки на основе изученных биополимеров не оказывают существенного влияния на состав почвенной микробиоты. Отмечено, что пленки, созданные на основе ПС *P. ostreatus* НК-35 и *P. ostreatus* P-88, не влияют на количественные показатели гетеротрофных бактерий и даже способствуют увеличению количества азотфиксирующих микроорганизмов. Пленки, созданные на основе ПС *A. bisporus* 533 и *A. bisporus* 508, уменьшают численность гетеротрофных бактерий, но способствуют увеличению азотфиксирующих микроорганизмов. Использование пленок, созданных на основе исследуемых ПС *P. ostreatus*, способствовало увеличению количества целлюлозоразлагающих бактерий в почве, в то время как ПС *A. bisporus* не влияли на их количество. Анализ грибов в почве показал, что использование пленок на основе изучаемых биополимеров практически не влияло на их общее количество и целлюлозоразлагающих, за исключением их увеличения в присутствии ПС *A. bisporus* 533 и *P. ostreatus* P-88 соответственно. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют об отсутствии негативного воздействия ПС на микробиоту почвы и могут являться хорошей заменой в перспективе пленкам, изготавливаемым из синтетических материалов.

Ключевые слова: грибы, вешенка, шампиньон, полисахариды, био пленки, биоразлагаемость, микроорганизмы, микробиота почвы.

Введение. В настоящее время полимерные пленочные материалы играют очень важную роль в различных областях, включая медицину, косметологию [1], пищевую промышленность [2], сельское хозяйство [3]. Однако значительная часть материалов для упаковочных полимерных пленок основана на нефтехимических компонентах [1]. При сохранении существующих темпов производства и обращения с пластиковыми отходами, к середине века их масса

может превысить 11 миллиардов тонн, что ставит под угрозу окружающую среду [4]. Помимо прочего, сложность и высокая ресурсоемкость переработки полимерных упаковок приводят к существенным финансовым затратам и снижению общей эффективности. Из-за усиливающейся обеспокоенности потребителей и тенденции к минимизации отходов, индустрия упаковки обратила внимание на биоразлагаемые материалы, особенно для пищевых продуктов.

БАБИЧЕВА Олеся Олеговна, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, e-mail: olesya.sultanova.98@mail.ru

АББЯСЕВА Анастасия Александровна, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, e-mail: abbyaseva2003@gmail.com

ПЕТЕРСОН Александра Михайловна – к.б.н., Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, e-mail: alexandra.peterson@yandex.ru

КАРПУНИНА Лидия Владимировна – д.б.н., Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, e-mail: karpuninal@mail.ru

Полисахариды (ПС), широко распространенные в природе (например, целлюлоза, крахмал, хитозан, пектин), рассматриваются как наиболее перспективные кандидаты для разработки безопасных упаковочных материалов [5]. Благодаря своей биоразлагаемости и минимальному воздействию на окружающую среду, ПС стали объектом пристального внимания по всему миру, стимулируя активные исследования в области создания инновационных материалов на их основе [1]. Природная гидрофильность ПС может быть адаптирована с помощью добавок, что позволяет целенаправленно улучшать механические и барьерные характеристики пленки. Основная функция таких упаковок – увеличивать срок хранения продукта, защищая его от потери влаги, аромата, проникновения кислорода и обеспечивая сохранность качества [6]. Источником таких биоактивных ПС могут служить высшие грибы родов *Pleurotus* и *Agaricus* [7]. Известно, что ПС *P. ostreatus* и *A. bisporus* обладают широким спектром биологической активности [8], это делает их перспективным сырьем для разработки пленочных покрытий.

Целью данной работы являлось создание биопленок на основе ПС высших грибов (*Pleurotus ostreatus* и *Agaricus bisporus*), исследование их некоторых структурно-механических, биodeградебельных свойств и влияния на состав почвенной микробиоты.

Объекты и методы исследований. В работе использовали полисахариды (ПС), выделенные из базидиальных грибов – вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus* НК-35, *P. ostreatus* P-88) и шампиньона двуспорового (*Agaricus bisporus* 533, *A. bisporus* 508), которые были получены из ООО ПКП «Сантана» и УНПК «Агроцентр» Вавиловский университет, г. Саратов. Выделение ПС из грибов проводили по методу [9].

Для создания пленочного материала на основе ПС использовали метод [10] в нашей модификации. В качестве структурообразователя использовали карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ), пластификатора – глицерин, в качестве растворителя – дистиллированную воду. Для этого 0.6 г ПС и 2.73 г КМЦ смешивали в 100 мл дистиллированной воды, добавляли 5 мл глицерина и получившуюся смесь распределяли на подложке из стекла. В результате получали однородный, прозрачный, студнеобразный раствор (гель), который, застывая, образовывал пленку.

Прочность и растяжимость пленок определяли с помощью «СТ3 4500 Brookfield» (США). Для этого на стеклянную колбу шириной 40 мм прибора анализатора натягивали исследуемый образец и на него опускали поршень со скоростью 2 мм/с. По мере опускания поршня прибор записывал показания прилагаемой нагрузки на образец и степень растяжения пленки до момента разрыва. Толщину пленки определяли, используя микрометр МК–25 0.01 (Россия).

Определение биodeградебельных свойств биопленок проводили по методу [11]. Для этого использовали универсальный грунт «Родная земля для рассады» (ООО «Борресурсы»). Данный грунт содержал: азот (NH_4+NO_3) – 120–280 мг/л, фосфор (P_2O_5) – 290–610 мг/л, калий (K_2O) – 290–610 мг/л; имел кислотность pH КСІ солевой суспензии 4.9–6.6. Были проведены опыты на биоразложение в естественных условиях (температура воздуха $25 \pm 2^\circ\text{C}$, влажность 60%). Готовые пленочные материалы размером 2×2 см закапывали в почву на глубину 3 см. Исследование проводили в 3-х повторностях.

Определение влияния ПС на состав микрофлоры почвы осуществляли по методу [12]. Для этого 1 г почвы разводили в 99 мл стерильной воды, получали разведение 1×10^{-2} . Далее проводили ряд последовательных разведений 1×10^{-3} , 1×10^{-4} , 1×10^{-5} , 1×10^{-6} . Затем из соответствующих разведений осуществляли высев по 100 мкл на питательные среды. Для определения гетеротрофных бактерий использовали ГМФ-агар (ООО «Научно-исследовательский центр фармакотерапии»), для грибов – среду PDA (картофель – 200 г, агар-агар – 15 г, глюкоза – 20 г, вода – 1000 мл), азотофиксаторов – среду Эшби (глюкоза – 20 г, KH_2PO_4 – 0.2 г, MgSO_4 – 0.2 г, NaCl – 0.2 г, K_2SO_4 – 0.2 г, CaCO_3 – 0.5 г, агар-агар – 15 г, вода – 1000 мл) и для целлюлозоразлагающих микроорганизмов – среду Гетчинсона (целлюлоза – 10 г, NaNO_3 – 2.5 г, K_2HPO_4 – 1 г, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.3 г, NaCl – 0.1 г, $\text{CaCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ – 0.1 г, $\text{FeCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ – 0.01 г, вода – 1000 мл) [13]. Инкубирование микроорганизмов проводили в термостате при температуре 28°C . Через 3 суток производили количественный учет колоний микроорганизмов.

Статистическую обработку полученных данных осуществляли, используя параметрический *t*-критерий Стьюдента (достоверными считали различия при вероятности ошибки $p < 0.05$) с использованием пакетов прикладных

программ «Statistica 8.0 for Windows» (StatSoft-Russia) и Microsoft Office Excel 2019.

Результаты исследований и их обсуждение. Для создания био пленок использовали ПС *P. ostreatus* НК-35, *P. ostreatus* Р-88, *A. bisporus* 533, *A. bisporus* 508, выделенные нами ранее [9], состоящие из сахаров – маннозы, глюкозы, галактозы и обладающие кинематической вязкостью 6.37 (*P. ostreatus* НК-35), 3.81 (*P. ostreatus* Р-88), 2.22 (*A. bisporus* 508), 1.06 мм²/с (*A. bisporus* 533). Изучение структурно-механических свойств показало, что пленки, созданные на основе ПС *P. ostreatus* НК-35, *P. ostreatus* Р-88, *A. bisporus* 533 и *A. bisporus* 508 обладали хорошей прочностью и растяжимостью. Так, ПС *P. ostreatus* Р-88, *A. bisporus* 533 и *A. bisporus* 508, по показателям прочности превосходили ксантановую камедь (Novenzyme Products Limited, China) в 1.2, 1.3, 1.0 раза соответственно, и пищевую полиэтиленовую пленку в 1.3, 1.4, 1.1 раза соответственно, которые были взяты в качестве контроля (табл. 1).

По показателям растяжимости био пленки на основе ПС *P. ostreatus* Р-88 были сопоставимы с ксантановой камедью. Растяжимость пленок, созданных на основе ПС *P. ostreatus* НК-35 и *A. bisporus* 508 была ниже, чем у ксантановой камеди в 1.4 раза, а у ПС *A. bisporus* 533 – ниже в 1.1 раза. По толщине био пленки на основе ПС *P. ostreatus* Р-88, *P. ostreatus* НК-35, *A. bisporus* 533, *A. bisporus* 508 были практически такими же, как и пленки на основе ксантановой камеди, но толще, чем полиэтиленовая пленка в 3.5, 3.5, 3.7 и 2.7 раза соответственно.

Для изучения биodeградеability в грунт помещали готовые био пленки, созданные на основе ПС *P. ostreatus* НК-35, *P. ostreatus* Р-88, *A. bisporus* 533 и *A. bisporus* 508 (рис.).

В течение всего эксперимента с интервалом 2 ч проводили визуальный осмотр био пленок

в почве. Через 2 ч пленочные материалы становились мутными. Через 4 ч – начинали терять первоначальную форму. Через 6 ч полностью изменялась форма и целостность пленки. Спустя 8 ч био пленки на основе ПС *P. ostreatus* НК-35, *A. bisporus* 533, *A. bisporus* 508 становились более тонкими и неотделимыми от субстрата, а оставшиеся фрагменты био пленок на основе ПС *P. ostreatus* Р-88 были едва заметны. Через 10 ч оставшиеся фрагменты био пленок, созданных на основе ПС *P. ostreatus* НК-35, *A. bisporus* 533, *A. bisporus* 508, также были едва заметны (рис.). Спустя 24 ч био пленки на основе ПС *P. ostreatus* НК-35, *P. ostreatus* Р-88 и *A. bisporus* 533 полностью разлагались в почве. Био пленки на основе ПС *A. bisporus* 508 разлагались в течение 27 ч. В соответствии с полученными данными биodeградеability свойства исследуемого пленочного материала удовлетворяли требованиям ГОСТ Р 57432-2017 «Упаковка. Пленки из биоразлагаемого материала. Общие технические условия». Выявлено, что разработанные био пленки, созданные на основе ПС грибов, обладали высокой скоростью биodeградации, что является преимуществом по сравнению с упаковкой на основе бактериальных ПС, которая разлагалась в аналогичном грунте в течение 7 суток [14].

Изучение влияния био пленок, созданных на основе ПС грибов, на микробиоту почвы проводили, определяя количество гетеротрофных (в том числе азотфиксирующих и целлюлозоразлагающих) бактерий и грибов в почве с биodeградируемым пленочным материалом. В качестве контроля использовали почву без предварительного внесения пленочного материала. В ходе микробиологического анализа почвы после полного биоразложения пленок, созданных на основе ПС *P. ostreatus* НК-35 и Р-88, данные по количеству гетеротрофных бактерий были сопоставимы с контролем (табл. 2).

Т а б л и ц а 1

Структурно-механические свойства пленок

ПС	Прочность, Па	Растяжимость, мм	Толщина, мм
<i>P. ostreatus</i> НК-35	13.97	5.17	0.14
<i>P. ostreatus</i> Р-88	29.26	7.32	0.14
<i>A. bisporus</i> 533	30.10	6.72	0.15
<i>A. bisporus</i> 508	23.96	5.11	0.11
Ксантановая камедь	23.36	7.44	0.16
Полиэтиленовая пленка	22.01	21.85	0.04

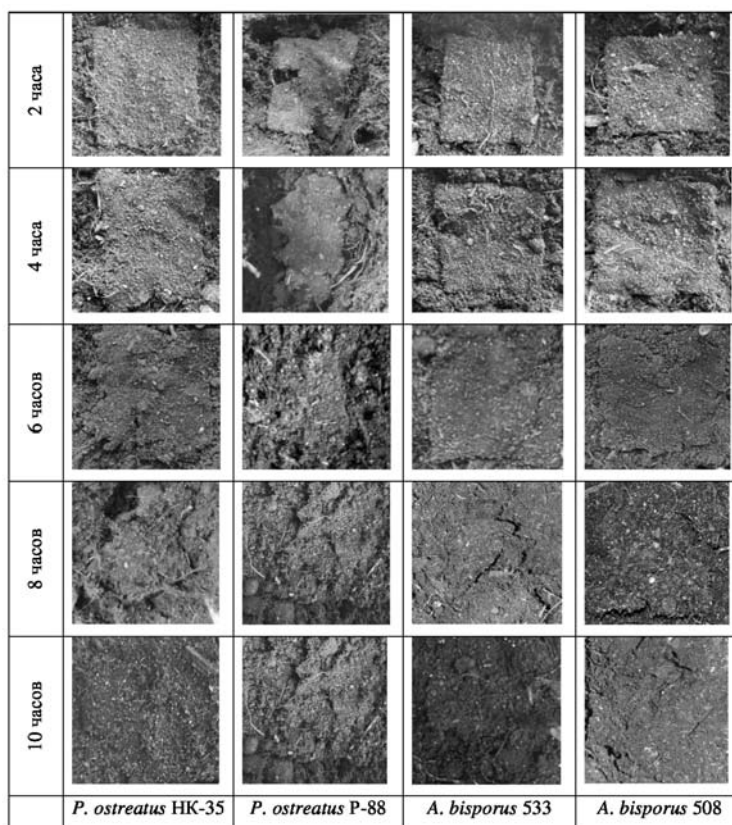


Рис. Биодegradация пленок, созданных на основе ПС высших грибов, на протяжении 10 часов

Таблица 2

Определение количества бактерий в почве после полного биоразложения пленок, созданных на основе ПС грибов

Продуценты использованных ПС	Бактерии		
	гетеротрофы	азотификсаторы	целлюлозоразлагающие
<i>P. ostreatus</i> НК-35	$4.0 \times 10^9 \pm 0.2$	$1.0 \times 10^7 \pm 0.1^*$	$4.5 \times 10^5 \pm 0.2^*$
<i>P. ostreatus</i> P-88	$4.0 \times 10^9 \pm 0.2$	$1.5 \times 10^7 \pm 0.2^*$	$2.0 \times 10^5 \pm 0.1^*$
<i>A. bisporus</i> 533	$2.0 \times 10^7 \pm 0.4^*$	$7.0 \times 10^6 \pm 0.4^*$	$1.4 \times 10^5 \pm 0.1$
<i>A. bisporus</i> 508	$2.5 \times 10^5 \pm 0.2^*$	$4.0 \times 10^6 \pm 0.4^*$	$1.0 \times 10^5 \pm 0.2$
Контроль	$5.0 \times 10^9 \pm 0.3$	$2.0 \times 10^6 \pm 0.1$	$1.0 \times 10^5 \pm 0.1$

Примечание: * $p < 0.05$.

В то время как в почве с содержанием ПС *A. bisporus* 533 и 508 количество гетеротрофных бактерий значительно уменьшалось. В литературе имеются сведения о том, что ПС шампиньонов (*A. bisporus*), входящие в состав водных, этанольных и ксилоловых экстрактов, способны проявлять антибактериальную активность против некоторых гетеротрофных бактерий, таких как *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Pseudomonas aeruginosa* и *Klebsiella pneumoniae* [15]. Можно предположить, что уменьшение

гетеротрофных бактерий в данном случае также связано с антибактериальной активностью использованных ПС.

При определении азотфиксирующих бактерий было замечено, что биопленки, созданные на основе ПС *P. ostreatus* НК-35, *P. ostreatus* P-88, *A. bisporus* 533 и *A. bisporus* 508, способствовали увеличению их числа относительно контроля. В отношении целлюлозоразлагающих бактерий отмечено, что биопленки, созданные на основе ПС *P. ostreatus* НК-35,

P. ostreatus P-88, также способствовали их увеличению. Однако, ПС *A. bisporus* 533 и *A. bisporus* 508 не влияли на количество целлюлозоразлагающих бактерий (табл. 2).

При определении исследуемых грибов в почве, содержащей ПС *P. ostreatus* НК-35, *P. ostreatus* P-88 и *A. bisporus* 508, на питательной среде PDA, не отмечено статистических различий с контролем. Однако в почве с содержанием ПС *A. bisporus* 533 отмечено увеличение общего количества грибов относительно контроля. При определении микроскопических грибов на среде Гетчинсона увеличение их числа отмечено только в почве с добавлением ПС *P. ostreatus* P-88, в отношении остальных образцов не выявлено статистических различий с контролем (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Определение количества грибов в почве после полного биоразложения пленок, созданных на основе ПС грибов

Продуценты использованных ПС	Грибы	
	На среде PDA (общее количество)	На среде Гетчинсона (целлюлозоразлагающие)
<i>P. ostreatus</i> НК-35	$1.5 \times 10^6 \pm 0.2$	$1.6 \times 10^5 \pm 0.1$
<i>P. ostreatus</i> P-88	$2.0 \times 10^6 \pm 0.4$	$7.0 \times 10^5 \pm 0.4^*$
<i>A. bisporus</i> 533	$5.0 \times 10^6 \pm 0.2^*$	$0.7 \times 10^5 \pm 0.2$
<i>A. bisporus</i> 508	$1.0 \times 10^6 \pm 0.2$	$1.0 \times 10^5 \pm 0.3$
Контроль	$1.0 \times 10^6 \pm 0.2$	$1.0 \times 10^5 \pm 0.2$

Примечание: * $p < 0.05$.

Закключение. На основании представленных результатов можно говорить о том, что биопленки, созданные на основе ПС *P. ostreatus* P-88, *A. bisporus* 533 и *A. bisporus* 508, обладают хорошей прочностью и растяжимостью. Показана высокая скорость разложения биопленок в почве, созданных на основе изучаемых полимеров, в течение 24–27 ч биопленки ПС грибов полностью разлагались. Показано, что деградированные пленки, на основе изученных биополимеров, не оказывают существенного влияния на состав почвенной микробиоты. Так, пленки, созданные на основе ПС *P. ostreatus* НК-35, *P. ostreatus* P-88, не подавляли гетеротрофные

бактерии в почве и даже способствовали увеличению числа азотфиксирующих бактерий. Полисахариды *A. bisporus* 533 и *A. bisporus* 508, входящие в состав пленок, снижали численность гетеротрофов, и также, как и ПС вешенки обыкновенной, увеличивали количество азотфиксирующих бактерий. Использование пленок, созданных на основе ПС *P. ostreatus* НК-35, *P. ostreatus* P-88 и *A. bisporus* 508, не влияло на количественные показатели грибов, выращенных на среде PDA, кроме ПС *A. bisporus* 533, способствующего их увеличению. Применение пленок, созданных на основе ПС *A. bisporus* 533 и *A. bisporus* 508, не влияло на количество целлюлозоразлагающих микроорганизмов (бактерии и грибы) в почве. Использование пленок, созданных на основе ПС *P. ostreatus* P-88, способствовало увеличению количества целлюлозоразлагающих бактерий и грибов. Однако применение пленок, созданных на основе ПС *P. ostreatus* НК-35, не влияло на количество целлюлозоразлагающих грибов, но способствовало увеличению количества целлюлозоразлагающих бактерий. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют об отсутствии отрицательного влияния ПС исследуемых грибов на микробиоту почвы, об их экологичности и возможности применения в различных отраслях промышленности (пищевой, сельскохозяйственной) и других сферах (медицине, косметологии).

Литература

1. Кищенко В.М., Верниковский В.В., Привалов И.М., Шевченко А.М. Пленки в российской медицине и косметологии: история развития, классификация, технология // Фармация и фармакология. 2020. Т. 8. № 2. С. 124–132. DOI: 10.19163/2307-9266-2020-8-2-124-132
2. Зарубин Д.М., Качалова Е.А., Смирнова Л.А. [и др.] Полимерные пленки на основе модифицированных полисахаридов // Функциональные материалы: Синтез, Свойства, Применение: XXI Молодежная научная конференция, Санкт-Петербург: Изд-во ЛЕМА, 2023. С. 158–159.
3. Behera S., Mahanwar P.A. Superabsorbent polymers in agriculture and other applications: a review // Polymer-Plastics Technology and Materials. 2020. V. 59. No 4. P. 341–356. DOI: 10.1080/25740881.2019.1647239
4. Geyer R. Production, use, and fate of synthetic polymers // Plastic Waste and Recycling / ed. by T.M. Letcher. London Academic Press. 2020. P. 13–32. DOI: 10.1016/b978-0-12-817880-5.00002-5
5. Gupta R.K., Guha P., Srivastav P.P. Natural polymers in bio-degradable/edible film: A review on environmental concerns, cold plasma technology and nanotechnology application on food packaging – A recent

trends // Food Chemistry Advances. 2022. V. 1. DOI: 10.1016/j.focha.2022.100135

6. Cazon P., Velazquez G., Ramirez J.A., Vazquez M. Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review // Food Hydrocolloids. 2017. V. 68. P. 136–148. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.09.009

7. Hernandez-Garcia E., Chiralt A., Gonzalez-Martinez C. Antioxidant and antimicrobial films for sustainable food packaging based on fungal biomass waste // Food Hydrocolloids. 2026. V. 171. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2025.111836>

8. Chun S., Gopal J., Muthu M. Antioxidant Activity of Mushroom Extracts/Polysaccharides –Their Antiviral Properties and Plausible AntiCOVID-19 Properties. Antioxidants. 2021. V. 10. No 12. <https://doi.org/10.3390/antiox10121899>

9. Пат. 2838744 С1. Рос. Федерация. № 2024106268; заявл. 12.03.2024; опубл. 22.04.2025. Бюл. № 12.7 с.

10. Пассaglia Э., Маршессо Р. Приготовление и исследование пленок // Методы исследования углеводов / под ред. Р. Вистлера; пер. с англ. М.: Мир, 1975. С. 413–428.

11. Белоглазова К.Е. Разработка пленочных покрытий на основе полисахаридов и перспективы их использования: дис. ... канд. с.-х. наук. Саратов, 2020. 123 с.

12. Основы биотехнологии: Учебное пособие / А.М. Петерсон, Е.В. Глинская, О.Ю. Ксенофонтова, Н.Ф. Шуршалова, Е.И. Тихомирова. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2015. 85 с.

13. Плесневые грибы. Методы выделения, идентификации, хранения: Справочное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям и специальностям экологического, биологического и биотехнологического профиля / С.В. Еремеева. Астрахань: АГТУ, 2009. 104 с.

14. Пат. 2662008 С1 Рос. Федерация. № 2017142702; заявл. 07.12.2017; опубл. 23.07.2018. Бюл. № 1. 5 с.

15. Tambekar D.H., Sonar T.P., Khodke M.V., Khante B.S. The novel antibacterials from two edible mushrooms: *Agaricus bisporus* and *Pleurotus sajor – caju*. // Int. J. Pharmacol. 2006. V. 2. P. 584–587. DOI: 10.3923/ijp.2006.584.587

References

1. Kishchenko V.M., Vernikovskii V.V., Privalov I.M., Shevchenko A.M. Plenki v rossiiskoi meditsine i kosmetologii: istoriia razvitiia, klassifikatsiia, tekhnologiia // Farmatsiia i farmakologiia, 2020, vol.8, no. 2, pp. 124–132. DOI: 10.19163/2307-9266-2020-8-2-124-132

2. Zarubin D.M., Kachalova E.A., Smirnova L.A. [et al.] Polimernye plenki na osnove modifitsirovannykh polisakharidov // Funktsional'nye materialy: Sintez, Svoistva, Primenenie: XXI Molodezhnaia nauchnaia

konferentsiia, Sankt-Peterburg: Izd-vo LEMA, 2023, pp. 158–159.

3. Behera S., Mahanwar P.A. Superabsorbent polymers in agriculture and other applications: a review // Polymer-Plastics Technology and Materials, 2020, vol. 59, no. 4, pp. 341–356. DOI: 10.1080/25740881.2019.1647239

4. Geyer R. Production, use, and fate of synthetic polymers // Plastic Waste and Recycling / ed. by T. M. Letcher. London: Academic Press, 2020, pp. 13–32. DOI: 10.1016/b978-0-12-817880-5.00002-5

5. Gupta R.K., Guha P., Srivastav P.P. Natural polymers in bio-degradable/edible film: A review on environmental concerns, cold plasma technology and nanotechnology application on food packaging- A recent trends // Food Chemistry Advances, 2022, vol. 1. DOI: 10.1016/j.focha.2022.100135

6. Cazon P., Velazquez G., Ramirez J.A., Vazquez M. Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review // Food Hydrocolloids, 2017, vol. 68, pp. 136–148. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.09.009

7. Hernandez-Garcia E., Chiralt A., Gonzalez-Martinez C. Antioxidant and antimicrobial films for sustainable food packaging based on fungal biomass waste // Food Hydrocolloids, 2026, vol. 171. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2025.111836>

8. Chun S., Gopal J., Muthu M. Antioxidant Activity of Mushroom Extracts/Polysaccharides -Their Antiviral Properties and Plausible AntiCOVID-19 Properties. Antioxidants, 2021; vol. 10, no 12, 1899 p. <https://doi.org/10.3390/antiox10121899>

9. Pat. 2838744 S1 Ros. Federatsiia. no. 2024106268; zaiavl. 12.03.2024; opubl. 22.04.2025, Biul. no. 12. 7 p.

10. Passaglia E., Marchesso R. Prigotovlenie i issledovanie plenok // Metody issledovaniia uglevodov / pod red. R. Vistlera; per. s angl. Moscow: Mir, 1975, pp. 413–428.

11. Beloglazova K.E. Razrabotka plenochnykh pokrytii na osnove polisakharidov i perspektivy ikh ispol'zovaniia: dis. ... kand. s.-kh. nauk: Saratov, 2020, 123 p.

12. Osnovy biotekhnologii: Uchebnoe. posobie / A.M. Peterson, E.V. Glinskaia, O.Iu. Ksenofontova, N.F. Shurshalova, E.I. Tikhomirova. Saratov: Izd-vo Sarat. un-ta, 2015, 85 p.

13. Plesnevye griby. Metody vy'deleniya, identifikatsii, xraneniya: Spravochnoe posobie dlya studentov vy'sshix uchebny'x zavedenij, obuchayushhixsya po napravleniyam i special'nostyam e'kologicheskogo, biologicheskogo i biotekhnologicheskogo profilya / S.V. Eremeeva. Astrakhan: ASTU, 2009, 104 p.

14. Pat. 2662008 S1 Ros. Federatsiia. no. 2017142702; zaiavl. 07.12.2017; opubl. 23.07.2018, Biul. no. 21, 5 p.

15. Tambekar D.H., Sonar T.P., Khodke M.V., Khante B.S. The novel antibacterials from two edible mushrooms: *Agaricus bisporus* and *Pleurotus sajor – caju*. // Int. J. Pharmacol, 2006, vol. 2, pp. 584–587. DOI: 10.3923/ijp.2006.584.587

**BIODEGRADABLE FILMS BASED ON POLYSACCHARIDES OF THE HIGHER FUNGI
PLEUROTUS OSTREATUS AND AGARICUS BISPORUS, AND THEIR EFFECT
ON THE COMPOSITION OF THE SOIL MICROBIOME**

© O.O. Babicheva¹, A.A. Abbyaseva¹, A.M. Peterson², L.V. Karpunina¹

¹Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov,
building 4, structure 3, ulitsa Pyotr Stolypin, 410012, Saratov, Russian Federation

²Saratov National Research State University named after N.G. Chernyshevsky,
building 4, structure 3, ulitsa Pyotr Stolypin, 410012, Saratov, Russian Federation

Polymer films, used in various sectors of the national economy, account for a significant portion of plastic waste, causing serious environmental pollution. Biodegradable films made from renewable natural polymers are an important alternative to synthetic alternatives. Their use significantly reduces the environmental impact of solid waste without completely replacing existing materials. This paper presents the investigation of film samples created on the basis of polysaccharides (PS) of higher fungi – oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus* NK-35, *P. ostreatus* P-88) and white button mushroom (*Agaricus bisporus* 533, *A. bisporus* 508). Some structural and mechanical properties of these films were investigated, and their biodegradability properties were studied. It was established that biofilms created on the basis of PS of *P. ostreatus* NK-35, *P. ostreatus* P-88 and *A. bisporus* 533 have a high biodegradation rate, disappearing in the soil within 24 hours. Biodegradation of films based on PS of *A. bisporus* 508 occurred within 27 hours. Degraded films based on the studied biopolymers were shown to have no significant effect on the composition of soil microbiota. Films created using *P. ostreatus* NK-35 and *P. ostreatus* P-88 PS did not affect the quantitative indicators of heterotrophic bacteria and even contributed to an increase in the number of nitrogen-fixing microorganisms. Films created using *A. bisporus* 533 and *A. bisporus* 508 PS reduced the number of heterotrophic bacteria but contributed to an increase in nitrogen-fixing microorganisms. The use of films created using the studied PS from *P. ostreatus* contributed to an increase in the number of cellulose-degrading bacteria in the soil, while PS from *A. bisporus* had no effect on their numbers. Analysis of fungi in the soil showed that the use of films based on the studied biopolymers had virtually no effect on their total number or cellulose-degrading bacteria, with the exception of an increase in the presence of PS from *A. bisporus* 533 and *P. ostreatus* P-88, respectively. Thus, the obtained results indicate that PS has no negative impact on soil microbiota and could potentially serve as a good replacement for films made from synthetic materials.

Keywords: mushrooms, oyster mushroom, champignon, polysaccharides, biofilms, biodegradability, microorganisms, soil microbiota.