

## БИОСТОЙКОСТЬ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ – ПОЛИЭТИЛЕНА, ПОЛИПРОПИЛЕНА И ПОЛИКАРБОНАТА – В УСЛОВИЯХ Г. СУРГУТА

© 2021

**Мантрова М.В.**

*Сургутский государственный университет  
(г. Сургут, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Российская Федерация)*

*Аннотация.* Статья посвящена исследованиям биостойкости полиэтилена, полипропилена и поликарбоната в условиях г. Сургута после их годового присутствия в разных типах почв – болотно-подзолистой почве, культуроземе и урбаноземах. Исследуемые типы почв отличаются по химическому составу: урбаноземы насыщены основаниями, имеют слабощелочную реакцию, также в них обнаружено превышение содержания свинца из-за близкого расположения к автодорогам. Во всех почвах бактериальная микрофлора преобладает над микофлорой, особенно велико количество гетеротрофной и литоавтотрофной микрофлоры в урбаноземах, что связано с высокой антропогенной нагрузкой на данные почвы. В отношении всхожести семян и роста проростков пшеницы и редиса выявлен стимулирующий эффект данных почв. Выделенные с поверхности полипропиленовой и полиэтиленовой труб микромицеты – типичные почвенные сапротрофы, способные выступать биодеструкторами полимеров. В полевом опыте все исследуемые материалы биостойкие, наблюдалось незначительное изменение цвета образца из сшитого полиэтилена. В лабораторном эксперименте проявилась определенная нестойкость всех исследуемых материалов; их градация по грибостойкости (от стойкого к нестойкому) такова: полиэтилен низкой плотности, полипропилен рандом-сополимер термостойкий, поликарбонат, сшитый полиэтилен. Характер повреждений полиэтилена низкой плотности (полиэтиленовой пленки) поверхностный, что соответствует литературным данным.

*Ключевые слова:* биостойкость полиэтилена; биостойкость полипропилена; биостойкость поликарбоната; урбанозем; культурозем; болотно-подзолистая почва; эколого-физиологические группы микроорганизмов; гетеротрофы; литоавтотрофы; амилוליцики; микроскопические грибы; фитотоксичность.

## BIOSTABILITY OF SYNTHETIC POLYMER MATERIALS – POLYETHYLENE, POLYPROPYLENE AND POLYCARBONATE – IN THE CONDITIONS OF SURGUT

© 2021

**Mantrova M.V.**

*Surgut State University (Surgut, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Russian Federation)*

*Abstract.* The paper is devoted to the study of biostability of polyethylene, polypropylene and polycarbonate in the conditions of Surgut after their presence within a year in different types of soils – swamp-podzolic soil, cultureseme and urbanozem. The studied types of soils differ in their chemical composition – urbanozems are saturated with bases, have a slightly alkaline reaction, they also contain an excess of lead content due to their close location to highways. In the studied soils bacterial microflora prevails over mycoflora, the amount of heterotrophic and lithoautotrophic microflora in urbanozems is especially high, which is due to the high anthropogenic load on these soils. For seeds and seedlings of wheat and radish the stimulating effect of these soils was revealed. Micromycetes isolated from the surface of polypropylene and polyethylene pipes are typical soil saprotrophs that can act as biodestructors of polymers. In the field experiment all the materials under study are biostable, and there was a slight change in the color of the cross-linked polyethylene sample. In the laboratory experiment certain instability of all the materials under study was revealed; their gradation in terms of mushroom resistance (from resistant to unstable) is as follows: low-density polyethylene, polypropylene random-heat-resistant copolymer, polycarbonate, cross-linked polyethylene. The nature of damage to low-density polyethylene (polyethylene film) is superficial, which corresponds to the literature data.

*Keywords:* biostability of polyethylene; biostability of polypropylene; biostability of polycarbonate; urbanozem; cultureseme; swamp-podzolic soil; ecological and physiological groups of microorganisms; heterotrophs; lithoautotrophs; amycolyticus; microscopic fungi; phytotoxicity.

### *Введение*

Под биоповреждением понимают нежелательное изменение в свойствах материала, вызванное деятельностью живых организмов [1, с. 4]. Среди всех видов биоповреждений наиболее часто встречаются микробиологические [2, с. 11], на долю микроорганизмов приходится более 40% биоповреждений [3, с. 7]. Основными возбудителями микробиологических биоповреждений являются микромицеты, к которым относятся в основном сапрофитные грибы, обитающие в почве и органических остатках [2, с. 5].

Доминирующее положение грибов среди биодеструкторов обусловлено рядом их биологических особенностей: хорошо развитым мобильным ферментным комплексом [4, с. 12], образованием и выделением органических кислот [5, с. 37] и токсических продуктов [6], мицелиальным строением и др. [1, с. 12]. Круг повреждаемых материалов довольно широк: металлы, бумага, бетон, краски, клеи, стекло, резина, нефтепродукты, пластмассы, полимеры [2–5]. Проблема биоповреждений, вызываемых микромицетами, актуальна как в России, так и за рубежом

[2–9]: с повреждающими строительные материалы (в том числе и полимеры) микроскопическими грибами, многие из которых способны вызывать аллергии и микотоксикозы, связано понятие «синдром больного здания» [7]. Для защиты материалов от воздействия плесневых грибов применяются различные методы, например, обработка ионизирующим излучением [8], биоцидами и введением в состав ингредиентов с фунгицидным действием [2; 4; 5].

Полимерные материалы широко используются в обиходе человека. В системах горячего водоснабжения и отопления используют полимерные трубы из полипропилена рандом-сополимера (PPR) (термостойкий сополимер пропилена с этиленом) и сшитого полиэтилена (металлопластиковые трубы) [9]. Для покрытий теплиц используют полиэтиленовую пленку и поликарбонат, который имеет ряд преимуществ перед пленкой [10], более долговечен и универсален.

*Цель работы:* исследование биостойкости полиэтилена низкой плотности, сшитого полиэтилена, полипропилена рандом-сополимера и поликарбоната в условиях г. Сургута в полевом и лабораторном экспериментах.

#### *Материалы и методика исследований*

Материалы исследований: поликарбонат сотовый (толщина 4 мм, «Кронос», Россия), полиэтилен низкой плотности (тепличная пленка), сшитый полиэтилен (металлопластиковая водопроводная труба «Ненсо», Бельгия), полипропилен рандом-сополимер термостойкий (водопроводная труба турецкой фирмы «Pilsa»).

Образцы данных материалов были помещены сроком на один год (осенью) в почвы 4-х участков на глубину наибольшей активности почвенной микрофлоры – 25–30 см (корнеобитаемый слой). После годового пребывания образцов в почве их извлекли и осмотрели на предмет возможных биоповреждений, исследования биостойкости продолжили в лабораторных условиях. Лабораторный эксперимент заключался в следующем: провели смыв микрофлоры с поверхности материалов физиологическим раствором, затем образцы опрыскали данной суспензией в одном варианте, в другом – суспензией, разведенной жидкой питательной средой Чапека-Докса в соотношении 1:1. Первый вариант опыта – аналог метода № 2 Государственного стандарта лабораторных испытаний технических изделий на стойкость к воздействию плесневых грибов [11], второй вариант – аналог метода № 4 [11]. По истечении 28 суток инкубации при +25°C образцы осмотрели, оценили развитие грибов на них по 6-балльной шкале [11], согласно которой чем на более высокий балл поврежден материал, тем он менее стоек к воздействию плесневых грибов. Результаты лабораторного эксперимента представлены на рис. 1 и в табл. 1, где для каждого материала и варианта опыта указан максимальный балл из трех параллельных повторностей.

В отношении почв провели их комплексный анализ – определили физико-химические показатели, количественный состав основных эколого-физиологических групп микроорганизмов и фитотоксические свойства в отношении семян и проростков пшеницы и редиса.

Отбор проб почвы проводили с однородной территории 1 × 0,5 м, с глубины заделки образцов – 25–

30 см, – в трех точках. Анализировали среднюю смешанную пробу, составленную из трех точечных.

Влажность почвы определяли на аппарате «MB35 HALOGEN». Актуальную кислотность – pH-реакцию водной вытяжки, – измеряли pH-метром «Checker» HANNA [12, с. 392]. Гидролитическую кислотность определяли по методу Каппена, сумму обменных оснований – по методу Каппена-Гильковица, рассчитали степень насыщенности почв основаниями [12, с. 302–307]. Содержание подвижных форм кадмия и свинца определяли на атомно-абсорбционном спектрометре «МГА-915» [13, с. 31–34].

Исследование количественного состава эколого-физиологических групп почвенной микрофлоры проводили путем посева разведений почвенной суспензии, приготовленной из свежесобранного образца, на селективные питательные среды в трехкратной повторности [14]. По истечении 7 суток культивирования в термостате при +28°C подсчитывали количество колоний микроорганизмов. Общее число гетеротрофов учитывалось на питательном агаре, литоавтотрофы – на среде Мюнца, микроорганизмы с амилитической активностью – на крахмало-амиачном агаре, микроскопические грибы – на среде Чапека.

Для исследования фитотоксичности почв испытываемую почву равномерно распределяли по дну трех чашек Петри, увлажняли, сверху помещали фильтровальную бумагу, на которую раскладывали по 10 семян, итого по 30 семян на исследуемую почву. Контрольные семена раскладывали на смоченную водой фильтровальную бумагу в чашках Петри. После достижения корнями длины 0,3–0,5 см ее измеряли интервалом в 24 часа и рассчитывали коэффициент фитотоксичности почвы по формуле:  $A_{\phi} = 100 - ((D_{\kappa} - D_{\text{н}}) / (D_{\kappa} - D_{\text{н}})) \times 100$ ;  $A_{\phi}$  – фитотоксическая активность ингибирования роста корней (%);  $D_{\kappa}$  – средняя длина корней проростков через 24 ч. в опыте (мм);  $D_{\text{н}}$  – средняя длина корней проростков через 24 ч. в контроле (мм);  $D_{\text{н}}$  – средняя начальная длина корней проростков (мм). Почвы токсичны при значениях фитотоксичности 20–30% и выше [15, с. 54–55].

#### *Результаты исследований и их обсуждение*

Согласно классификации городских почв [16, с. 32–38], исследуемые почвы представлены естественной ненарушенной болотно-подзолистой почвой и естественными нарушенными (антропогенными поверхностно-преобразованными): культуроземом и урбаноземами. Болотно-подзолистая почва сформирована под фитоценозом соснового леса кустарничкового лишайниково-зеленомошного. Культурозем представлен почвой дачного участка под луговой разнотравно-злаковой растительностью. Один урбанозем сформирован под луговой разнотравно-злаковой растительностью, подстилается фундаментом здания, бетонными плитами; второй находится под древесными насаждениями осиново-березового леса разнотравно-злакового около автодороги и подстилается асфальтом.

По результатам полевого опыта все материалы стойкие, наблюдалось изменение цвета сшитого полиэтилена в металлопластиковой трубе. По результатам лабораторного эксперимента (табл. 1) самым

стойким материалом является полиэтилен низкой плотности (LDPE, пленка тепличная) – повреждается не более 1 балла в обоих вариантах опыта, характер повреждений поверхностный – пигментации образцов не наблюдается, а физико-химические показатели изменяются незначительно [3, с. 8]. Остальные материалы нестойкие, самый нестойкий – сшитый полиэтилен (PE<sub>x</sub>). Нестойкость сшитого полиэтилена и полипропилена рандом-сополимера, термостойкого в отношении коллекционной и аборигенной микофлоры, была установлена автором также в более раннем лабораторном эксперименте [17]. Таким образом, градация материалов по грибостойкости (от стойкого к нестойкому) такова: полиэтилен низкой плотности, полипропилен рандом-сополимер термостойкий, поликарбонат, сшитый полиэтилен.

Фотографии биоповреждений образцов материалов микроскопическими грибами по результатам лабораторного эксперимента приведены на рис. 1.

В ходе эксперимента с поверхности образцов труб из сшитого полиэтилена и полипропилена рандом-сополимера методом смыва и соскоба [14] были выделены изоляты местной микофлоры и идентифи-

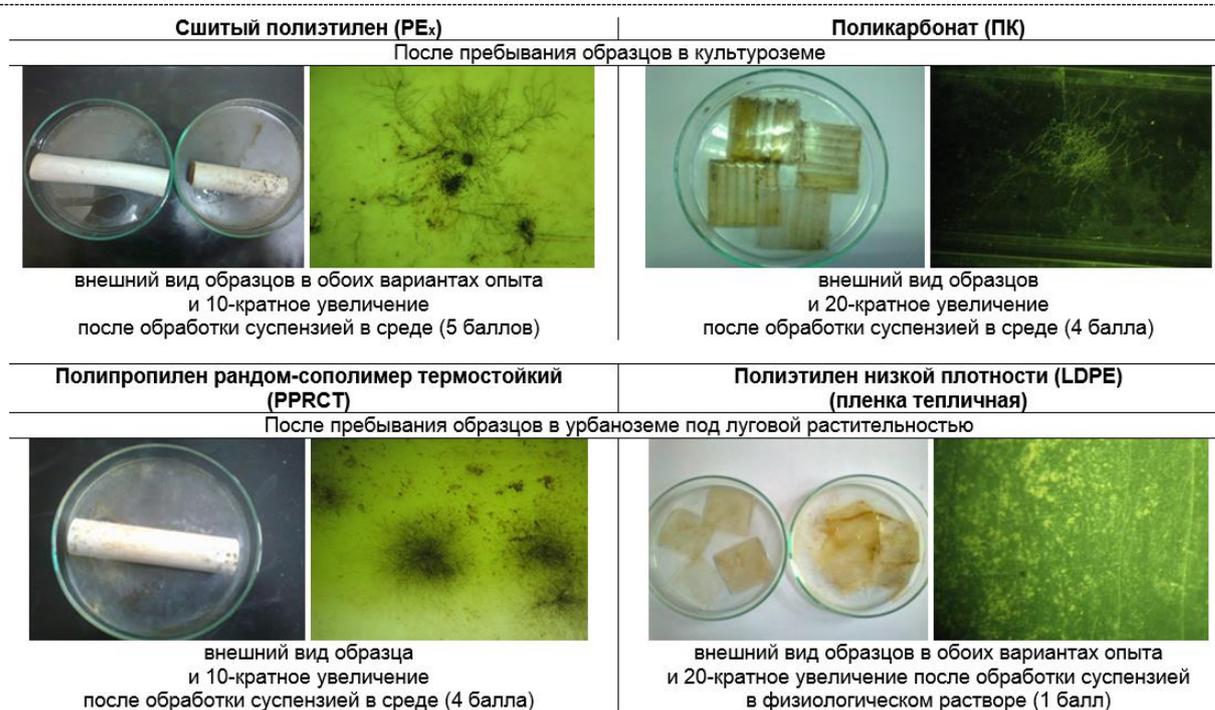
цированы до рода [18]. С полиэтиленовой трубы выделено 6 штаммов: 1 представитель рода *Aspergillus*, 5 – рода *Penicillium*; с полипропиленовой трубы выделено 9 штаммов: по 1 представителю родов *Mucor* и *Rhizopus*, 2 штамма относятся к роду *Trichoderma*, 2 – к роду *Ulocladium*, 2 – *Penicillium*, 1 – *Paecilomyces*. Таким образом, большинство микромицетов аборигенной микофлоры, выделенных с поверхности полиэтиленовой трубы, относятся к роду *Penicillium*; штаммы, выделенные с полипропиленовой трубы, более разнообразны и относятся к родам *Ulocladium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Paecilomyces*, *Mucor*, *Rhizopus*.

Согласно результатам физико-химического анализа (табл. 2) влажность исследуемых почв низкая, в пределах 0,42–2,57%, самый низкий показатель у нарушенной болотно-подзолистой почвы, самый высокий – у культуросема. Низкую влажность болотно-подзолистой почвы и урбаноземов можно объяснить рыхлой крупнодисперсной песчаной структурой на исследуемой глубине (25–30 см); у культуросема влажность выше из-за большого количества мелкодисперсных частиц, лучше удерживающих влагу.

**Таблица 1** – Оценка грибостойкости материалов по итогам лабораторного эксперимента, баллы

Используемая суспензия	Материал				Почва
	PE <sub>x</sub>	PPRCT	ПК	LDPE	
Суспензия в физиологическом растворе	3	1	2	1	Болотно-подзолистая
	3	1	3	1	Культуросем
	1	1	3	1	Урбанозем, луг
	3	1	2	1	Урбанозем, лес
Суспензия в физиологическом растворе с добавлением среды 1:1	5	4	3	1	Болотно-подзолистая
	5	4	4	1	Культуросем
	4	4	2	0	Урбанозем, луг
	4	3	3	1	Урбанозем, лес

*Примечание.* PE<sub>x</sub> – сшитый полиэтилен в металлопластиковой трубе; PPRCT – полипропилен рандом-сополимер термостойкий; ПК – поликарбонат; LDPE – полиэтилен низкой плотности (пленка тепличная).



**Рисунок 1** – Биоповреждения материалов микромицетами по итогам лабораторного эксперимента. В скобках приведена оценка грибостойкости образцов в баллах (см. табл. 1)

По значениям активной кислотности болотно-подзолистая почва и культурозем имеют кислую реакцию (рН 5,48 и 5,22), что благоприятно для почвенной микобиоты [19, с. 108]. Урбаноземы характеризуются нейтральной – щелочной реакцией: рН 6,93 у урбанозема под луговой растительностью и рН 8,39 – под древесными насаждениями. Для городских почв характерна нейтральная и слабощелочная реакция среды [16, с. 62]. Высокая щелочность связана с попаданием в почву через поверхностный сток хлоридов кальция и натрия, а также других солей, которыми посыпают дороги зимой. Другой причиной является высвобождение кальция под действием кислотных осадков из различных обломков, строительного мусора, имеющих щелочную среду [16, с. 62]. Урбаноземам также свойственна высокая насыщенность основаниями свыше 80–90% (табл. 2), в то время как у культурозема и болотно-подзолистой почвы этот показатель в пределах 44–65%. Результаты данного исследования соответствуют литературным данным, согласно которым для городских почв (урбаноземы) характерна высокая степень насыщенности основаниями, – 80–100% [16, с. 65].

Содержание кадмия в почвах колеблется в пределах от 0,058 до 0,179 мг/кг (табл. 2), что не превышает ОДК (ОДК подвижных форм кадмия = 0,5 мг/кг) [20, с. 254–257]. По содержанию свинца было выяв-

лено небольшое превышение ПДК (ПДК подвижных форм свинца = 6,0 мг/кг) [20, с. 254–257] в урбаноземе под древесными насаждениями: 7,146 мг/кг; в урбаноземе под луговой растительностью содержание свинца близко к значениям ПДК (табл. 2). Более высокие показатели содержания свинца в урбаноземах можно объяснить их близостью к автодороге: свинец поступает в почвы с выхлопными газами автомобилей.

По результатам исследования фитотоксичности почв (табл. 3) выявлен стимулирующий эффект на рост корней пшеницы и редиса. Так, увеличение прироста корней пшеницы по сравнению с контролем наблюдалось в 1,02 (урбанозем, лес) – 1,48 раза (культурозем); редиса – в 1,32 (урбанозем, лес) – 2,03 (урбанозем, луг) раза. В отношении семян токсического эффекта также не выявлено, наоборот, наблюдалась стимуляция всхожести семян пшеницы до 39% от контроля (культурозем), редиса – до 2% (болотно-подзолистая почва и урбаноземы) (в контроле у редиса также высокая всхожесть). Таким образом, несмотря на высокую насыщенность урбаноземов основаниями, более высокое содержание свинца по сравнению с культуроземом и болотно-подзолистой почвой, они не оказывают фитотоксического эффекта на проростки, наоборот, стимулируют всхожесть семян и рост корней пшеницы и редиса.

**Таблица 2** – Физико-химические показатели исследуемых почв

Химический показатель	Исследуемые почвы				
		болотно-подзолистая	культурозем	урбанозем, луг	урбанозем, лес
Влажность, %	1	0,61 ± 0,01	2,06 ± 0,03	0,73 ± 0,05	0,73 ± 0,03
	2	0,42 ± 0,02	2,57 ± 0,05	0,67 ± 0,02	0,75 ± 0,05
Активная кислотность (рН – реакция)	1	5,38 ± 0,05	5,23 ± 0,04	6,93 ± 0,05	8,39 ± 0,04
	2	5,48 ± 0,04	5,22 ± 0,02	7,39 ± 0,03	8,72 ± 0,03
Гидролитическая кислотность, мг-экв. на 100 г почвы	1	1,67 ± 0,01	11,09 ± 0,1	0,91 ± 0,03	0,26 ± 0,01
	2	1,14 ± 0,01	8,31 ± 0,03	0,97 ± 0,01	0,18 ± 0,01
Сумма обменных оснований, мг-экв. на 100 г почвы	1	1,74 ± 0,03	8,70 ± 0,30	3,79 ± 0,03	7,35 ± 0,03
	2	2,14 ± 0,03	7,45 ± 0,03	4,69 ± 0,03	9,30 ± 0,35
Степень насыщенности почв основаниями, %	1	51,05	43,97	80,65	96,53
	2	65,21	47,26	82,89	98,14
Кадмий, мг/кг	1	0,058 ± 0,007	0,179 ± 0,005	0,069 ± 0,006	0,114 ± 0,016
	2	0,043 ± 0,004	0,141 ± 0,001	0,076 ± 0,002	0,0966 ± 0,0001
Свинец, мг/кг	1	1,155 ± 0,123	2,906 ± 0,145	5,659 ± 0,187	7,146 ± 0,362
	2	0,914 ± 0,049	3,386 ± 0,121	5,934 ± 0,241	4,336 ± 0,084

Примечание. 1 – до закладки образцов материалов; 2 – после годового присутствия материалов в почве.

**Таблица 3** – Влияние исследуемых почв на всхожесть семян и прирост корней пшеницы и редиса

Исследуемая почва	Пшеница		Редис		
	всхожесть, %	прирост корней за 24 ч., мм	всхожесть, %	прирост корней за 24 ч., мм	
Культурозем	1	89	18,37 ± 0,07	98	18,46 ± 1,83
	2	64	26,35 ± 0,53	96	17,99 ± 0,41
Болотно-подзолистая	1	78	18,91 ± 0,27	98	16,00 ± 0,64
	2	82	18,09 ± 0,83	100	20,93 ± 0,63
Урбанозем, луг	1	68	19,47 ± 0,75	96	20,13 ± 0,86
	2	77	19,94 ± 0,42	100	24,40 ± 2,28
Урбанозем, лес	1	80	18,98 ± 0,83	100	17,61 ± 0,12
	2	73	18,08 ± 0,81	100	15,86 ± 1,26
Контроль (вода)		64	17,79 ± 0,50	98	12,04 ± 2,02

Примечание. 1 – до закладки образцов материалов; 2 – после годового присутствия материалов в почве.

По данным микробиологического анализа, самое низкое содержание всех групп микроорганизмов наблюдается в болотно-подзолистой почве (рис. 2). На исследуемой глубине данная почва песчаная и бедная по содержанию питательных веществ, органика сконцентрирована в подстилке, а кислая реакция рН (табл. 2) к тому же неблагоприятна для развития бактерий, но способствует развитию грибов [19, с. 108], которые в сравнении с бактериями преобладают. По содержанию гетеротрофов и литоавтотрофов лидируют урбаноземы, которые имеют нейтральную-щелочную реакцию рН 6,93–8,72 (табл. 2), благоприятную для развития бактерий; на состав и количество микрофлоры урбаноземов оказывает влияние высокая антропогенная нагрузка. По содержанию микроорганизмов с амилитической активностью лидируют культурозем и урбаноземы, что можно объяснить наличием перемешанных по профилю растительных остатков – отмершей травы и опавших листьев. После извлечения материалов наблюдается уменьшение всех групп микроорганизмов в болотно-подзолистой почве и культуроземе, в урбаноземах, наоборот, растет количество литоавтотрофов и грибов (рис. 2). Можно предположить, что находившиеся в почвах образцы полимерных материалов способствовали привлечению потенциальных биодеструкторов, привели к перестройке микрофлоры данных почвенных участков; в урбаноземах вследствие антропогенного влияния, замусоривания различными ксенобиотиками, в том числе и синтетическими полимерами, уже имеющаяся адаптированная микрофлора обогащается новой, в культуроземе и болотно-подзолистой почве она только начинает формироваться.

*Выводы и перспективы дальнейших изысканий по данному направлению*

1. В полевом опыте все исследуемые материалы проявили биостойкость, изменения зафиксированы только у сшитого полиэтилена – изменение цвета поверхности образца. В лабораторном опыте все материалы нестойкие; градация материалов по биостойкости (грибостойкости) (от стойкого к нестойкому) такова: полиэтилен низкой плотности, полипропилен рандом-сополимер термостойкий, поликарбонат, сшитый полиэтилен. Самый стойкий материал – полиэтилен низкой плотности (LDPE, пленка теплич-

ная) в лабораторном эксперименте повреждается не более чем на 1 балл, характер повреждений поверхностный, что соответствует литературным данным [3, с. 8].

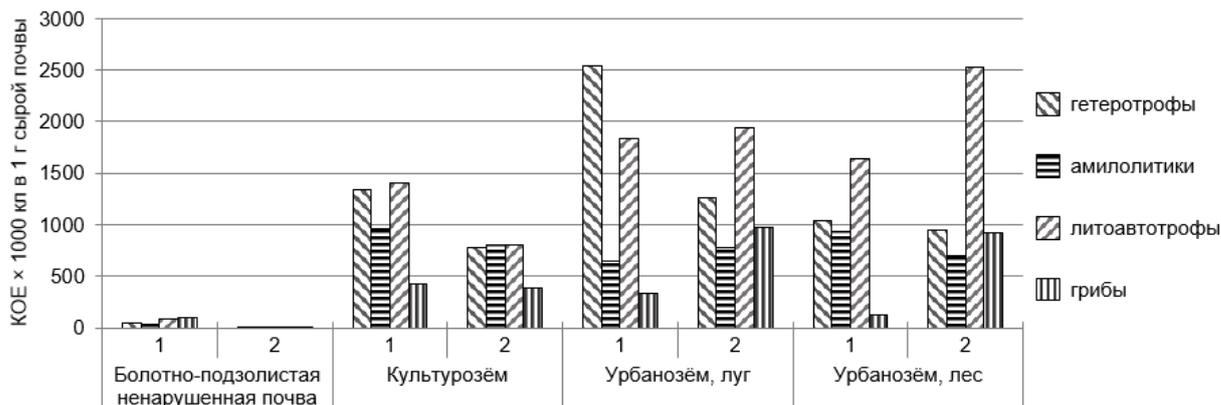
2. Микроскопические грибы, выделенные с поверхности труб из сшитого полиэтилена и полипропилена рандом-сополимера термостойкого, являются почвенными сапротрофами, способны выступать биодеструкторами полимеров. Выделенные с поверхности полиэтиленовой трубы микромицеты относятся к двум родам – *Penicillium* и *Aspergillus*, – с преобладанием штаммов рода *Penicillium*. Штаммы, выделенные с полипропиленовой трубы, более разнообразны и относятся к шести родам: *Ulocladium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Paecilomyces*, *Mucor*, *Rhizopus*.

3. Установлено, что урбаноземы в сравнении с культуроземом и болотно-подзолистой почвой отличаются высокой насыщенностью основаниями, нейтральной-щелочной реакцией рН, а также более высоким содержанием свинца (из-за близости автодороги), что соответствует литературным данным [16, с. 65].

4. Исследуемые почвы не оказывают фитотоксического эффекта, наоборот, стимулируют всхожесть семян редиса до 2%, пшеницы – до 39% от контроля, прирост корней пшеницы в 1,02–1,48 раза и редиса – в 1,32–2,03 раза.

5. В составе эколого-физиологических групп почвенных микроорганизмов выявлено преобладание бактериальной микрофлоры над микрофлорой. Особенно велико содержание гетеротрофов и литоавтотрофов в урбаноземах вследствие антропогенного влияния и благоприятной для развития бактерий нейтральной-слабощелочной реакции рН. Количество грибов после пребывания в почвах образцов материалов снижается в культуроземе и болотно-подзолистой почве, а в урбаноземах заметно увеличивается, – происходит перестройка микробсообщества в естественных и антропогенно нарушенных почвах.

*Перспективой исследования* может служить расширение ассортимента исследуемых на биостойкость материалов и количества участков разных типов почв для исследований. Также в перспективе предполагается формирование коллекции микромицетов-биодеструкторов аборигенной микрофлоры.



**Рисунок 2** – Количественный состав эколого-физиологических групп почвенной микрофлоры: 1 – до закладки образцов материалов; 2 – после годового присутствия материалов в почве

### Список литературы:

1. Карамова Н.С., Надеева Г.В., Багаева Т.В. Методы исследования и оценки биоповреждений, вызываемых микроорганизмами: учеб.-метод. пособие. Казань: Казанский университет, 2014. 36 с.
2. Сухаревич В.И., Кузикова И.Л., Медведева Н.Г. Защита от биоповреждений, вызываемых грибами. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2009. 207 с.
3. Лугаускас А.Ю., Микульскене А.И., Шляуже-не Д.Ю. Каталог микромицетов – биодеструкторов полимерных материалов. М.: Наука, 1987. 340 с.
4. Микробиологическое разрушение материалов: учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению 270100 «Строительство» / под общ. ред. В.Т. Ерофеева, В.Ф. Смирнова. М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2008. 123 с.
5. Смирнов В.Ф., Веселов А.П., Семичева А.С., Смирнова О.Н., Захарова Е.А. Экологические и биологические аспекты деструкции промышленных материалов микроорганизмами. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2002. 99 с.
6. Каневская И.Г. Биологическое повреждение промышленных материалов. Л.: Наука, 1984. 232 с.
7. Sedlbauer K. Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen: dis. ... Dr.-Ing. Stuttgart, 2001.
8. Fuesting M.L., Bahn A.N. Synergistic bactericidal activity of ultrasonics, ultraviolet light and hydrogen peroxide // Journal of Dental Research. 1980. Vol. 59. P. 391.
9. Бухин В.Е. Полипропиленовые напорные трубопроводы в инженерных системах зданий. М.: Авок-Пресс, 2010. 108 с.
10. Бахтияров Р.Ф. Сотовый поликарбонат – современное энергосберегающее покрытие для теплиц // Гавриш. 2011. № 3. С. 33–35.
11. ГОСТ 9.048–89. Изделия технические. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов: государственный стандарт Союза ССР. Введ. 1991–06–30. М., 1989. 22 с.
12. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почвы. М.: Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
13. Русак С.Н., Кравченко И.В., Филимонова М.В., Башкатова Ю.В. Экологическая биохимия растений: химические и биохимические методы анализа: метод. рекомендации. Сургут: Изд. центр СурГУ, 2012. 39 с.
14. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / под ред. Н.С. Егорова. М.: Изд-во МГУ, 1995. 224 с.
15. Бакаева М.Д. Комплексы микромицетов нефтезагрязнённых и рекультивируемых почв: дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2004. 172 с.
16. Почва, город, экология / под общ. ред. акад. РАН Г.В. Добровольского. М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 320 с.
17. Горбань М.В., Ямпольская Т.Д. Физиологические аспекты деструкции синтетических и природных полимеров коллекционными и аборигенными штаммами микромицетов // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14, № 1 (9). С. 2206–2210.
18. Food and indoor fungi / R.A. Samson, J. Houbraeken, U. Thrane, J.C. Frisvad, B. Andersen. Utrecht (The Netherlands): CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre, 2010. 390 p.
19. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. М.: Изд-во МГУ, 1988. 220 с.
20. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды / под ред. Л.К. Исаева. СПб.: Эколого-аналитический информационный центр «Союз», 1998. 896 с.

Информация об авторе(-ах):	Information about the author(-s):
<b>Мантрова Мария Викторовна</b> , младший научный сотрудник научно-образовательного центра института естественных и технических наук; Сургутский государственный университет (г. Сургут, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Российская Федерация). E-mail: mantrova-mariya@yandex.ru.	<b>Mantrova Maria Viktorovna</b> , junior researcher of Scientific and Educational Center of Institute of Natural and Technical Sciences; Surgut State University (Surgut, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Russian Federation). E-mail: mantrova-mariya@yandex.ru.

### Для цитирования:

Мантрова М.В. Биостойкость синтетических полимерных материалов – полиэтилена, полипропилена и поликарбоната – в условиях г. Сургута // Самарский научный вестник. 2021. Т. 10, № 1. С. 107–112. DOI: 10.17816/snv2021101116.