



УДК574.6:574.52:574.62:574.632

Влияние гумата на адгезию клеток и спор микроорганизмов и их десорбцию с гидрофобизированных поверхностей

Д. И. Стом^{1,2,3}, И. А. Богданова¹, М. Н. Саксонов¹, В. М. Толстой³,
Л. И. Евтушенко⁴, Б. Ж. Се⁵

¹Иркутский государственный университет, Иркутск

²Байкальский музей ИНЦ СО РАН, Листвянка

³Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск

⁴Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина, Пуццино

⁵Пекинский государственный университет авиации и космонавтики, Пекин

E-mail: stomd@mail.ru

Аннотация. Изучали влияние гумата и поверхностно-активных веществ на процессы сорбции и десорбции микроорганизмов со стеклянных гидрофобизированных поверхностей. Проведённые эксперименты показали, что количество клеток микроорганизмов и спор, остающихся связанными с поверхностью гидрофобизированных предметных стёкол при наличии в растворе определённой концентрации коммерческого препарата гумата калия Rowhumus или ПАВ «Твин-21» и «Твин-85» ниже, чем при их отсутствии. В случаях добавления гумата или «Твин-21» в концентрациях 0,5 и 1 г/л сорбция клеток *Yarrowia lipolytica* и спор *Bacillus thuringiensis* происходила менее интенсивно, чем при их отсутствии. Показано, что гумат Rowhumus и ПАВ «Твин-21» и «Твин-85» в концентрациях 1 и 2 г/л снижают адгезию клеток *Y. lipolytica* и спор *B. thuringiensis* и усиливают их десорбцию со стеклянной поверхности, обработанной парафином или силиконовым гелем. При тех же концентрациях Rowhumus и «Твин-21» и «Твин-85» нарушают целостность плёнок парафина на поверхности стёкол. Раствор «Твин-85» в концентрации 1 и 2 г/л практически не снижал количество клеток *Y. lipolytica*, адсорбированных на парафинизированной поверхности, однако на стёклах, обработанных силиконовым гелем, в обоих случаях наблюдали уменьшение их числа. При этом ПАВ проявлял большую активность, чем гуминовые вещества.

Ключевые слова: гуминовые вещества, детергенты, адсорбенты, микроорганизмы, десорбция, сорбция.

Введение

Согласно литературным данным [3; 4; 8; 9; 12], наиболее перспективными методами очистки нефтезагрязнённых сточных вод являются биотехнологические, основанные на применении иммобилизованных бактериальных клеток. Это направление имеет особые перспективы как с позиций экологии, так и экономики [16; 20]. Жизнедеятельность микроорганизмов силь-

но зависит от степени адгезии, которая существенно меняет их физиологическую активность и способность к деструкции загрязняющих веществ [4; 5]. Не менее активно разрабатываются и совершенствуются и технологии биоремедиации загрязнённых нефтью и нефтепродуктами почв [1]. При биоремедиации важной задачей является подбор веществ, облегчающих взаимодействие нефтеокисляющих микроорганизмов с нефтепродуктами [18]. Применяемые поверхностно-активные вещества (ПАВ) как синтетические, так и образуемые используемыми в технологии алканотрофными бактериями, повышают биодоступность углеводов для микроорганизмов [9; 15]. Опубликованы сообщения об ускорении элиминирования нефтезагрязнений под действием гуминовых веществ (ГВ) [19]. В литературе имеются указания на то, что ГВ снижают токсичность алифатических и ароматических углеводов и стимулируют процессы микробиологического нефтеразрушения [13]. Также высказано предположение и получены материалы, свидетельствующие о том, что ослабление токсического действия нефтепродуктов на организмы и ускорение элиминирования нефтезагрязнений микроорганизмами связаны со способностью ГВ вести себя как поверхностно-активные агенты [7; 14; 17].

Целью данного исследования является оценка влияния ГВ на адгезию и десорбцию микроорганизмов с гидрофобизированной поверхности. Эффекты ГВ на изучаемые процессы сопоставлялись с действием таких типичных детергентов, как «Твин-21» и «Твин-85».

Материалы и методы

Для проведения исследований использованы споры культуры *Bacillus thuringiensis* и вегетативные клетки дрожжей *Yarrowia lipolytica* [2]. Штамм *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* 7–14 кс. получен О. Ф. Вятчиной при исследовании эпизоотии лиственничной мухи (*Hylemyia laricicola*) в Камчатской области. Для получения бактериальных спор культуру *B. thuringiensis* выращивали на среде РПА при температуре 28–30 °С в течение 7 сут. При 98%-ном высыпании спор их смывали дистиллированной водой. Далее суспензию микроорганизмов доводили до нужного титра, оценивая оптическую плотность при $\lambda = 400$ нм [10]. Культура *Y. lipolytica* входит в состав углеводородоокисляющего микробиологического препарата «Деворойл», который разработан в Институте микробиологии РАН и НПП «Биотехинвест» [11]. Нефтеокисляющие штаммы культивировали на синтетической среде № 1 для углеводородоокисляющих микроорганизмов [6; 10]. Для получения убитых клеток микроорганизмов их суспензии обрабатывали УФ-лучами под бактерицидной лампой в течение 40 мин. Кроме того, суспензию микроорганизмов нагревали на водяной бане при 60 °С в течение 20 мин или автоклавировали при давлении 1,5 атм. и температуре 120 °С. Источником ГВ служил коммерческий препарат гумата калия Powhumus (Humintech Ltd., Германия), производимый по стандартной технологии мокрой щелочной экстракцией из окисленного угля (леонардита). ПАВ «Твин-21» и «Твин-85» произведены Loba Chemie Pvt. Ltd. (Индия).

В роли сорбирующих поверхностей в работе использовали необработанные стёкла размером 2×2 см и стёкла, предварительно покрытые тонким слоем силиконового геля или парафина. На гидрофобизированные поверхности наносили каплю суспензии клеток или спор бактерий, спустя 10 мин промывали дистиллированной водой и подсчитывали количество клеток, сорбировавшихся на поверхности. Подсчёт проводили при увеличении 400[×] в десяти полях зрения с определением среднего значения и пересчётом количества клеток на единицу площади. Затем стёкла переносили в растворы гумата, либо ПАВ разной концентрации. Спустя 30 мин проводили подсчёт клеток и спор микроорганизмов, оставшихся прикреплёнными к гидрофобным поверхностям сорбента.

Выполнена также серия экспериментов по адгезии убитых УФ-излучением, автоклавированием и действием высоких температур клеток культуры *Y. lipolytica* и анализу влияния ГВ и ПАВ на десорбцию микроорганизмов.

Все эксперименты проводили не менее чем в пяти независимых опытах с тремя параллельными измерениями в каждом. Для статистической обработки данных использованы общепринятые методы с применением программ Statgraf 3.0 и Excel из пакета MS Office 2003. Значимость различий определяли с помощью критерия Стьюдента. Выводы сделаны при вероятности безошибочного прогноза $p \geq 0,95$.

Результаты и обсуждение

На первом этапе работы наблюдали сорбцию клеток микроорганизмов при нанесении их суспензий на предварительно обработанные силиконовым гелем или парафином стёкла в присутствии гумата либо при его отсутствии.

Как видно из данных табл. 1, в случаях добавления гумата или «Твин-21» в концентрациях 0,5 и 1 г/л сорбция клеток *Y. lipolytica* и спор *B. thuringiensis* происходила менее интенсивно, чем при их отсутствии. Так, число клеток *Y. lipolytica* на поверхности необработанных стёкол при концентрации гумата 0,5 г/л снизилось с 671,0±100,6 кл/мм² до 389,0±58,5 кл/мм², а на стёклах, обработанных силиконовым гелем, с 659,0±99,0 кл/мм² до 483,0±72,3 кл/мм².

В отличие от живых, клетки *Y. lipolytica*, убитые УФ-излучением, автоклавированием и действием высоких температур, практически не приклеплялись к поверхностям, гидрофобизированным парафином.

На следующем этапе работы изучали влияние гумата, а также ПАВ, «Твин-21» и «Твин-85» на процессы десорбции клеток и спор микроорганизмов. Проведённые эксперименты показали, что количество клеток микроорганизмов и спор, остающихся связанными с поверхностью гидрофобизированных предметных стёкол при наличии в растворе определённой концентрации Rowhumus или «Твин» ниже, чем при их отсутствии. Например, при содержании 2 г/л Rowhumus численность клеток *Y. lipolytica* на поверхности предметных стёкол, гидрофобизированных парафином, уже через 30 мин падала вдвое. Увеличение времени экспозиции сопровождалось

снижением числа клеток *Y. lipolytica* и спор *B. thuringiensis*, остающихся прикреплёнными к гидрофобным поверхностям. Так, при концентрации гумата 2 г/л количество клеток *Y. lipolytica* на поверхности стёкол, обработанных силиконовым гелем, спустя час от начала эксперимента снизилось с $1422,0 \pm 213,2$ до $795,0 \pm 118,8$ кл/мм², а ещё через час – до $669,0 \pm 100,0$ кл/мм². В схожих экспериментах со спорами *B. thuringiensis* обнаружили, что влияние гумата с концентрацией 2 г/л через час приводило к полной элиминации спор с силиконизированного стекла (табл. 2).

Таблица 1

Количество клеток (кл/мм²) *Y. lipolytica* и спор *B. thuringiensis*, прикрепившихся на поверхности предметных стёкол

Состав суспензии микроорганизмов		Состав гидрофобизированной поверхности			
		Стёкла, покрытые парафином	Стёкла, покрытые силиконовым гелем	Необработанные стёкла (контроль)	
Суспензия клеток или спор	<i>Y. lipolytica</i>	659,0±99,0	772,0±116,0	671,0±100,6	
	<i>B. thuringiensis</i>	329,0±49,7	671,0±100,6	445,0±66,7	
Суспензия клеток или спор с добавлением гумата Rowhumus	1,0 г/л	<i>Y. lipolytica</i>	335,0±49,7	565,0±84,9	181,0±27,1
		<i>B. thuringiensis</i>	223,0±33,3	459,0±68,6	194,0±28,9
	0,5 г/л	<i>Y. lipolytica</i>	483,0±72,3	758,0±113,9	389,0±58,5
		<i>B. thuringiensis</i>	305,0±45,9	645,0±33,9	338,0±50,9
Суспензия клеток или спор с добавлением «Твин-21»	1,0 г/л	<i>Y. lipolytica</i>	192,0±28,9	114,0±16,9	69,0±10,1
		<i>B. thuringiensis</i>	99,0±15,1	65,0±10,1	82,0±12,6
	0,5 г/л	<i>Y. lipolytica</i>	221,0±33,3	189,0±28,3	96,0±14,5
		<i>B. thuringiensis</i>	191,0±28,3	178,0±27,1	123,0±18,2

Таблица 2
Количество клеток (кл/мм²) *Y. lipolytica* и спор *B. thuringiensis*, остающихся прикреплёнными к поверхности гидрофобизированных парафином и силиконовым гелем предметных стёкол после обработки гуматом калия RowHumus

Концентрация «RowHumus»	Длительность экспозиции, ч											
	0		0,5		1		2		24			
	<i>Y. lipolytica</i>	<i>B. thuringiensis</i>	<i>Y. lipolytica</i>	<i>B. thuringiensis</i>	<i>Y. lipolytica</i>	<i>B. thuringiensis</i>	<i>Y. lipolytica</i>	<i>B. thuringiensis</i>	<i>Y. lipolytica</i>	<i>B. thuringiensis</i>	<i>Y. lipolytica</i>	<i>B. thuringiensis</i>
Поверхность стёкол, покрытая парафином												
1 г/л	980,0±147,2	329,0±49,7	596,0±89,3	311,0±46,6	306,0±45,9	199,0±29,6	282,0±42,1	148,0±22,0	209,0±30,8	80±12,0		
2 г/л	1352,0±202,5	364,0±54,7	699,0±105,0	329,0±49,7	54,0±8,2	151,0±22,6	44±6,9	106,0±15,7	98,0±14,5	77,0±11,9		
4 г/л	1055,0±158,5	306,0±45,9	536,0±80,5	240,0±35,9	156,0±23,3	125,0±18,2	146,0±22,0	87,0±13,2	51,0±7,5	45,0±6,9		
Контроль (вода)	949,0±142,2	299,0±44,6	716,0±107,6	310,0±46,5	538,0±80,5	265,0±39,6	552,0±83,0	249,0±37,1	393,0±59,1	254,0±38,4		
Поверхность стёкол, покрытая силиконовым гелем												
1 г/л	1416,0±212,6	818,0±122,6	-	-	1078,0±161,6	459,0±68,6	1416,0±212,6	818,0±122,6	838,0±125,2	523,0±77,9		
2 г/л	1422,0±213,2	560,0±84,3	-	-	795,0±118,9	0	669,0±100,0	0	606,0±91,2	0		
4 г/л	1478,0±222,0	642,0±96,2	-	-	596,0±89,3	754,0±112,6	269,0±44,6	0	298,0±44,7	0		
Контроль (вода)	1624,0±243,4	671,0±100,6	-	-	1520±228,3	645,0±96,8	1457,0±218,2	546,0±81,8	1162,0±174,2	535,0±80,5		

Близкую картину наблюдали и в опытах по изучению действия «Твин» на десорбцию *Y. lipolytica* с гидрофобизированных парафином или силиконовым гелем поверхностей стёкол. Раствор «Твин-21» в концентрации 2 г/л через 2 ч также полностью очищал поверхности гидрофобизированных стёкол от клеток *Y. lipolytica* (табл. 3). Раствор «Твин-85» в концентрации 1 и 2 г/л практически не снижал количество клеток *Y. lipolytica*, адсорбированных на парафинизированной поверхности, однако на стёклах, обработанных силиконовым гелем, в обоих случаях наблюдали уменьшение их числа.

Таблица 3

Количество клеток (кл/мкм²) *Y. lipolytica*, остающихся прикреплёнными к поверхности гидрофобизированных парафином или силиконовым гелем стёкол после обработки «Твин-21» и «Твин-85»

Концентрация раствора	Длительность экспозиции, ч			
	0	1	2	24
Поверхность стёкол, покрытая силиконовым гелем				
«Твин-21» 1г/л	857,0±128,3	359,0±54,1	301,0±45,3	165,0±24,5
«Твин-21» 2г/л	269,0±40,3	152,0±22,6	0	0
«Твин-21» 4г/л	0	0	0	0
Контроль (вода)	772,0±115,7	786,0±117,6	562,0±84,3	516,0±77,4
Поверхность стёкол, покрытая парафином				
«Твин-21» 1г/л	332,0±49,7	25,0±3,8	0	0
«Твин-21» 2г/л	304,0±45,9	15,0±2,5	0	0
«Твин-21» 4г/л	214,0±32,1	9,0±1,3	0	0
Контроль (вода)	347,0±52,2	320,0±47,8	216,0±32,7	145,0±22,0
Поверхность стёкол, покрытая силиконовым гелем				
«Твин-85» 1г/л	652,0±98,1	508,0±76,1	318,0±47,8	233,0±35,2
«Твин-85» 2г/л	618,0±92,5	392,0±59,1	255,0±38,4	160,0±23,9
«Твин-85» 4г/л	545,0±81,7	546,0±81,8	434,0±65,4	288,0±43,4
Контроль (вода)	661,0±99,4	581,0±87,4	544,0±81,1	486,0±72,9
Поверхность стёкол, покрытая парафином				
«Твин-85» 1г/л	745,0±111,9	723,0±108,8	712,0±106,3	640,0±96,2
«Твин-85» 2г/л	558,0±83,6	739,0±110,1	547,0±82,4	465,0±69,8
Контроль (вода)	1088,0±162,9	869,0±130,2	931,0±139,4	929,0±139,6

Следует отметить, что хотя процесс десорбции клеток и спор исследуемых микроорганизмов наблюдался и в контрольных опытах, его интенсивность оказалась существенно меньше, нежели в присутствии гумата и ПАВ «Твин».

Микроскопирование выявило, что гуминовые вещества и ПАВ не только очищали гидрофобизированную поверхность стёкол от клеток и спор микроорганизмов, но и частично нарушали целостность плёнок парафина (рис.). При этом ПАВ проявляли большую активность, чем гуминовые вещества. Например, начало отслоения плёнки парафина с поверхности предметного стекла в вариантах с «Твин-21» и «Твин-85» (2 г/л) происходило спустя 2 ч, а при использовании равных концентраций гумата – только через сутки.

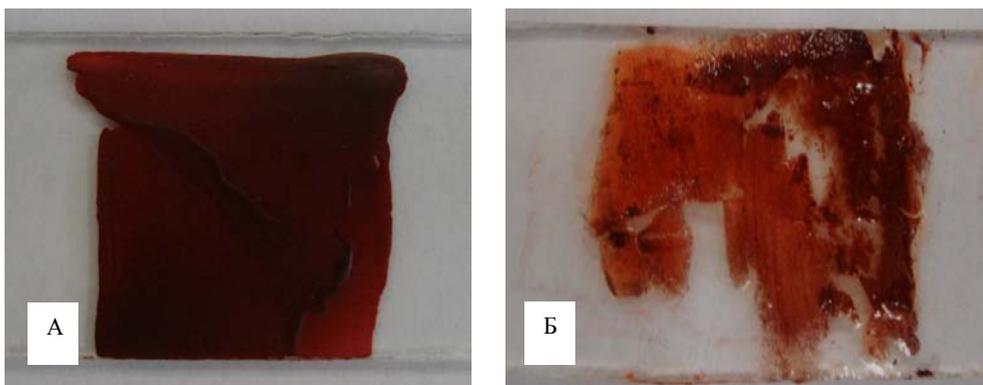


Рис. Внешний вид парафинизированной поверхности предметных стёкол. А – при взаимодействии с водой (контроль); Б – после обработки ПАВ «Твин-21»

Заключение

Проведённые эксперименты продемонстрировали способность гумата подобно ПАВ ослаблять сорбцию клеток и спор микроорганизмов на поверхности стёкол, гидрофобизированных парафином или силиконовым гелем, а также усиливать их десорбцию с гидрофобизированных поверхностей. Следовательно, важно учитывать, что в биохимических процессах, протекающих в биотопливных элементах, гуматы могут нарушать взаимодействие клеток микроорганизмов с электродами.

Следует также отметить, что гуматы и ПАВ инициировали отслоение пленки парафина от сорбента. Последнее, учитывая экологичность гуматов, позволяет предполагать перспективы использования гуминовых веществ в процессах очистки сред, загрязнённых углеводородами нефти.

Авторы признательны И. А. Борзенкову за предоставленные культуры *Y. lipolytica*, О. Ф. Вятчиной – *B. thuringiensis*, Е. Экитайн за помощь в получении гумата *Powhumus*.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (проект RFMEFI58317X0060 «Биоремедиация и биоконверсия отходов с помощью комплекса фотосинтетических организмов и гетеротрофов в аэробных и анаэробных условиях с генерированием биоэнергии»).

Список литературы

1. Бельков В. В. Стандартизация формата описаний промышленных технологий биоремедиации / В. В. Бельков // Биотехнология. – 2001. – № 2. – С. 70–76.
2. Вятчина О. Ф. Штаммы *Bacillus thuringiensis*, выделенные при эпизоотии лиственничной мухи (*Hylemyia laricicola*) в Камчатской области / О. Ф. Вятчина // Сиб. экол. журн. – 2004. – № 4. – С. 501–506.
3. Гвоздяк П. И. Имобилизованные микроорганизмы в очистке сточных вод от ксенобиотиков / П. И. Гвоздяк // Имобилизованные клетки в биотехнологии: сб. науч. тр. – Пушкино, 1987. – С. 57–61.

4. Жукова О. В. Взаимодействие микроорганизмов с твердыми поверхностями – сорбентами при снятии локального нефтяного загрязнения / О. В. Жукова, Н. В. Морозов // Вестн. ТГГПУ. – 2010. – № 3. – С. 99–106.
5. Звягинцев Д. Г. Биология почв / Д. Г. Звягинцев, И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 2005. – 448 с.
6. Ившина И. Б. Большой практикум «Микробиология» / И. Б. Ившина. – СПб. : Проспект Науки, 2014. – 112 с.
7. Использование гуминовых препаратов при биорекультивации нефтезагрязненных почв / К. М. Салем [и др.] // Экология и пром-сть России. – 2003. – № 4. – С. 19–21.
8. Разработка технологии очистки сточной воды с использованием иммобилизованной микрофлоры / Н. В. Кобызева [и др.] // Вестн. ОГУ. – 2009. – № 1. – С. 104–107.
9. Лейкин Ю. А. Саморегенерирующиеся сорбенты для очистки воды от нефтяных углеводов / Ю. А. Лейкин, Т. А. Черкасова, Н. А. Смагина // Сорбцион. и хроматогр. процессы. – 2008. – Т. 8, вып. 4. – С. 585–599.
10. Нетрусов А. И. Практикум по микробиологии / А. И. Нетрусов. – М. : Академия, 2004. – 880 с.
11. Полевой эксперимент по очистке почв от нефтяного загрязнения с использованием углеводородокисляющих микроорганизмов / Д. Г. Сидоров [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. – 1997. – Т. 33, № 5. – С. 497–502.
12. Рымовская М. В. Биосорбционная очистка сточной воды производства полимеров / М. В. Рымовская, Н. С. Ручай // Биотехнология. – 2008. – № 2. – С. 51–58.
13. Стом Д. И. Комбинированное действие нефтепродуктов и «Гумата» на дафний / Д. И. Стом, А. В. Дагуров // Сиб. экол. журн. – 2004. – № 1. – С. 35–40.
14. Стом Д. И. Действие препаратов гуминовых веществ и нефтеокисляющих микроорганизмов на состояние капель / Д. И. Стом, С. В. Казаринов, А. Э. Балаян // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. – 2005. – № 6. – С. 166–169.
15. Bustamante M. Biosurfactants are useful tools for the bioremediation of contaminated soil: a review / M. Bustamante, N. Durán, M. C. Diez // J. of Soil Science and Plant Nutrition. – 2012. – Vol. 12, N 4. – P. 667–687.
16. Ogunbayo A. O. Bioremediation of Engine Oil Contaminated Site / A. O. Ogunbayo, R. A. Bello, U. Nwagbara // J. of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences (JETEAS). – 2012. – Vol. 3, N 3. – P. 483–489.
17. Prieto M. B. Degradation of phenol by *Rhodococcus erythropolis* UPV-1 immobilized on Biolite® in packed-bed reactor / M. B. Prieto // J. Biotechnol. – 2002. – Vol. 97, N 1. – P. 1–11.
18. Semple K.T. Bioavailability of hydrophobic organic contaminants in soils: fundamental concepts and techniques for analysis / K. T. Semple, A. W. J. Morriss, G. I. Paton // Eur. J. Soil Sci. – 2003. – N 54. – P. 809–818.
19. Towards a Quantitative Structure Activity Relationship (QSAR) of Dissolved Humic Substances as Detoxifying Agents in Freshwaters / C. E. Steinberg [et al.] // Internat. Rev. Hydrobiol. – 2000. – N 85. – P. 253–266.
20. Xu J. Bioremediation of Crude Oil Contaminated Soil by Petroleum-Degrading Active Bacteria / J. Xu // Introduction to Enhanced Oil Recovery Processes and Bioremediation of Oil-Contaminated Sites. – 2012. – P. 207–244.

The Influence of Humat on Adhesion of Cells and Spores of Microorganisms and their Desorption from Hydrophobized Surfaces

D. I. Stom^{1,2,3}, I. A. Bogdanova¹, M. N. Saksonov¹, V. M. Tolstoy³,
L. I. Yevtushenko⁴, Beizhen Xie⁵

¹*Irkutsk State University, Irkutsk*

²*Baikal Museum ISC SB RAS, Listvyanka*

³*Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk*

⁴*G. K. Skryabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms RAS, Pushchino*

⁵*Beihang University, Beijing*

Abstract. The influence of humate and surfactants on the processes of sorption and desorption of microorganisms from hydrophobized surfaces is investigated. The experiments showed that the number of cells of microorganisms and spores, that remain associated with the surface of hydrophobic glass slides in the presence in solution of certain concentration Powhumus concentrated humic acid substance or Twin Series of surfactants is lower, than in their absence. In the cases of adding humate or Tween 21 at concentrations of 0.5 and 1 g/l sorption of *Y. lipolytica* cells and spores of *B. thuringiensis* was less intense than in their absence. It is shown that Powhumus, Tween 21 and Tween 85 decrease the adhesion of *Y. lipolytica* cells and spores of *B. thuringiensis* and increase the desorption of microorganism's cells and spores from the surfaces of glasses covered by paraffine or silicone gel in concentrations 1 and 2 g/l. At the same concentrations of Powhumus and Tween 21 disturbed films of paraffine on surfaces of glasses. It should be noted that the solution of Tween 85 at a concentration of 1 and 2 g/l did not reduce the number of cells of *Y. lipolytica*, adsorbed on parafinirovannaja the surface, but on glass, treated silicone gel, in both cases, saw a decrease in their numbers. In this case the surfactant were more active than humic substances.

Keywords: humic substances, detergents, adsorbents, microorganisms, sorption, desorption.

Стом Дэвард Иосифович
доктор биологических наук, профессор,
зав. лабораторией
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
профессор
Иркутский национальный исследователь-
ский технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
главный научный сотрудник
Байкальский музей ИЦ СО РАН,
664520, п. Листвянка, ул. Академическая,
д. 1
тел.: (3952) 34–34–37
e-mail: stomd@mail.ru

Stom Devard Iosifovich
Doctor of Sciences (Biology),
Professor, Head of Laboratory
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
Professor
Irkutsk National Research Technical
University
83, Lermontov st., Irkutsk, 664074
Chief Research Scientist
Baikal Museum ISC SB RAS
1, Akademicheskaya st., Listvyanka Settl.,
664520
tel.: (3952) 34–34–37
e-mail: stomd@mail.ru

Богданова Ирина Анатольевна
преподаватель
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 24–32–80
e-mail: irinairk@gmail.com

Bogdanova Irina Anatolievna
Lecturer
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 24–32–80
e-mail: irinairk@gmail.com

Саксонов Михаил Наумович
кандидат биологических наук,
старший научный сотрудник
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 34–34–37
e-mail: stomd@mail.ru

Saksonov Mikhail Naumovich
Candidate of Sciences (Biology)
Senior Research Scientist
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
phone: (3952) 34–34–37
e-mail: stomd@mail.ru

Толстой Василий Михайлович
студент
Иркутский национальный исследователь-
ский технический университет
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83
e-mail: vastlstjj@yandex.ru

Tolstoy Vasilij Mikhailovich
Student
Irkutsk National Research Technical
University
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074
e-mail: vastlstjj@yandex.ru

Евтушенко Людмила Ивановна
доктор биологических наук, профессор,
заведующий отделом
Институт биохимии и физиологии
микроорганизмов им. Г. К. Скрыбина
142290, Московская обл., г. Пушкино,
пр. Науки, д. 5
тел.: (4967) 73–09–24
e-mail: evtushenko@ibpm.pushchino.ru

Evtushenko Lyudmila Ivanovna
Doctor of Sciences (Biology), Professor,
Head of Division
G. K. Skryabin Institute of Biochemistry
and Physiology of Microorganisms RAS
5, Nauki ave., Pushchino, 142290
tel.: (4967) 73–09–24
e-mail: evtushenko@ibpm.pushchino.ru

Се Бэй Жэнь
кандидат биологических наук
Пекинский государственный университет
авиации и космонавтики
100191, Пекин, р-н Хайдянь,
ул. Сюэ Юань, 37
тел.: (8) +10 + (86)+ 13 810 684 826
e-mail: xiebeizhen@buaa.edu.cn

Beizhen Xie
Candidate of Sciences (Biology)
Beihang University
37 Xue Yuan Rd., Haidian District, Beijing,
100191
tel.: (8) +10 + (86)+ 13 810 684 826
e-mail: xiebeizhen@buaa.edu.cn