

**Ж.П. Коптева, В.В. Занина, М.А. Борецкая, Ю.М. Юмына,  
А.Е. Коптева, И.А. Козлова**

*Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины,  
ул. Академика Заболотного, 154, Киев ГСП, Д03680, Украина*

## **МОНОСАХАРИДНЫЙ И ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ ЭКЗОПОЛИМЕРНОГО КОМПЛЕКСА БАКТЕРИЙ-ДЕСТРУКТОРОВ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ГАЗОПРОВОДА**

*Изучен моносахаридный и жирнокислотный состав экзополимерного комплекса (ЭПК) гетеротрофных бактерий *Pseudomonas pseudoalcaligenes* 109, *Pseudomonas* sp. T/2, *Rhodococcus erythropolis* 102 – деструкторов защитного покрытия Поликен 980-25. Показано, что в зависимости от модели роста бактерий изменяются качественный и количественный состав компонентов ЭПК. Доминирующими сахарами являются арабиноза, манноза, галактоза и глюкоза. Ксилоза выявлена только в условиях пленочной формы роста всех исследованных бактерий; рибоза – только в биопленке *Pseudomonas* sp. T/2.*

*Жирнокислотный состав ЭПК содержит насыщенные, ненасыщенные кислоты с 12–19 атомами углерода. В спектре жирных кислот ЭПК бактерий преобладала гексадекановая (C<sub>16:0</sub>) кислота, содержание которой в условиях биопленки и планктона составляет от 24,9 % до 32,4 %. Ненасыщенные жирные кислоты гексадеценная (C<sub>16:1</sub>) и октадеценная (C<sub>18:1</sub>) выявлены только в биопленке бактерий-деструкторов покрытия.*

*Ключевые слова: бактерии-деструкторы, биопленка, экзополимерный комплекс, моносахариды, жирные кислоты, покрытие Поликен 980-25.*

Большинство бактерий существует в природных экосистемах как специфически организованные, прикрепленные к субстратам биопленки, формирование которых является сложным процессом, который зависит от физико-химических и биологических факторов. Способность бактерий адгезироваться к твердым поверхностям является их жизненно важным приспособлением к существованию в различных биотопах. Жизнь бактерий в прикрепленном состоянии является одной из основных стратегий выживания в окружающей среде [3,6].

Микроорганизмы находятся на покрытиях в виде ассоциаций, состоящих из представителей разных таксономических и эколого-трофических групп.

Нами ранее было показано, что биопленки, которые формируются на защитных пленочных и битумных покрытиях, состоят из гетеротрофного блока аэробных и анаэробных бактерий: углеводородокисляющих, железовосстанавливающих, денитрифицирующих и сульфатвосстанавливающих. Вследствие их действия происходит деструкция защитных материалов, в результате которой уменьшается прочность, эластичность и адгезия материала к металлу [1,4].

Бактерии в биопленке обладают высокой биологической активностью, образуя экзополимерный комплекс, состоящий из экзополисахаридов, экзолиполисахаридов, белков, липидов, нуклеиновых кислот и др. [12, 15, 16].

В литературе практически отсутствуют сведения о составе экзополимеров бактерий-деструкторов, вызывающих повреждение защитных материалов.

Целью работы было изучение моносахаридного и жирнокислотного состава экзополимерного комплекса гетеротрофных бактерий, выделенных с поверхности поврежденного изоляционного покрытия Поликен 980-25.

**Материалы и методы.** Объектами исследования были гетеротрофные бактерии *Pseudomonas pseudoalcaligenes* 109, *Pseudomonas* sp. T/2 и *Rhodococcus erythropolis* 102, выделенные нами из поврежденных покрытий и продуктов коррозии газопроводов.

Для проведения эксперимента образцы покрытия Поликен 980-25 размером 40 x 20 x 0,5 мм погружали в жидкую среду Таусона с глюкозой [9], инокулированную культурами исследованных бактерий. Продолжительность опыта – 5 суток.

Сформированную биопленку с поверхности покрытия снимали при помощи ультразвука в 30 мл физиологического раствора на диспергаторе УЗДН-2Т (частота 22 кГц) в течение 30 с дважды с интервалом 2 мин. Культуральную жидкость бактерий центрифугировали при 5000 об/мин, надосадочную жидкость концентрировали. Затем проводили диализ полученно-

го экзополимерного комплекса (ЭПК) бактерий биопленки и планктона в течение 3-х суток против дистиллированной воды и лиофилизировали.

В экзополимерном комплексе определяли белок методом Лоури [7], общее количество углеводов – фенолсерным методом [2].

Моносахаридный состав исследуемого ЭПК биопленки и планктона определяли методом Albersheim и соавт. [11] на хромато-масспектрометрической системе Agilent 6890N/ 5973 inert. Колонка капиллярная ДВ-225 14S 30мм · 0,25мм · 0,25мкм. Температурный режим изокритический 220 °С, газ-носитель – гелий, скорость протока 1мл/мин. Температура выпаривания 250 °С.

Исследование жирнокислотного состава бактерий проводили методом Kefner и соавт. [14]. Полученные гидролизаты анализировали на содержание метиловых эфиров жирных кислот на хромато-масспектрометрической системе Agilent 6890N/ 5973 inert. Колонка капиллярная HP – 5MS длина 30 мм, внутренний диаметр 0,25 мм, толщина фазы 0,25 мкм. Температурный режим 150–250 °С, градиент температуры 4 °С/мин., газ-носитель – гелий, скорость протока через колонку 1,2 мл/мин. Температура выпаривания 250 °С, с делением потока 1:100. Результаты обрабатывали с помощью персонального компьютера и стандартной смеси метиловых эфиров жирных кислот (производитель Supelco, США).

**Результаты и их обсуждение.** Из поврежденных покрытий, применяемых для защиты газопроводов от коррозии, выделено агрессивное микробное сообщество, которое в лабораторных условиях эксперимента вызывало деструкцию бутилкаучукового слоя покрытия Поликен 980-25 [1]. Бактерии, входящие в состав выделенного сообщества были идентифицированы. По морфолого-культуральным, физиолого-биохимическим и хемотаксономическим признакам они были отнесены к *Pseudomonas pseudoalcaligenes* 109, *Pseudomonas sp. T/2*, *Rhodococcus erythropolis* 102.

Проведено сравнительное изучение экзополимерного комплекса бактерий при разных моделях роста. Выявлены различия в продукции ЭПК бактериями биопленки и планктона (табл. 1). Удельная продуктивность ЭПК бактериями рода *Pseudomonas* в условиях биопленочного роста была в 2,14–2,5 раз выше, чем в планктоне. У *Rhodococcus erythropolis* 102 величина удельной продуктивности ЭПК в биопленке в 10 раз больше, чем при планктонной форме роста.

Таблица 1

**Показатели роста гетеротрофных бактерий – деструкторов покрытий в условиях биопленки и планктона**

Бактерии	Форма роста	Титр бактерий, кл/мл	Удельная продуктивность ЭПК, мг/кл	Содержание компонентов, % от сухой массы ЭПК	
				углеводов	белка
<i>Pseudomonas pseudoalcaligenes</i> 109	Биопленка	10 <sup>8</sup>	6 · 10 <sup>-8</sup>	24,6	2,5
	Планктон	10 <sup>10</sup>	2,8 · 10 <sup>-8</sup>	35,8	4,5
<i>Pseudomonas sp. T/2</i>	Биопленка	10 <sup>8</sup>	3,7 · 10 <sup>-8</sup>	15,8	3,2
	Планктон	10 <sup>10</sup>	1,5 · 10 <sup>-8</sup>	30,2	6,1
<i>Rhodococcus erythropolis</i> 102	Биопленка	10 <sup>6</sup>	3,0 · 10 <sup>-6</sup>	17,3	2,7
	Планктон	10 <sup>9</sup>	2,2 · 10 <sup>-7</sup>	31,5	4,7

Общее количество углеводов ЭПК исследованных бактерий в условиях планктона в 1,4–1,9 раза больше, чем в биопленке.

Аналогичные данные получены при определении белка, содержание которого для планктонной формы роста было в 1,7–1,9 раза выше относительно роста бактерий в условиях биопленки.

Изучение компонентного состава экзополимерного комплекса выявило качественные и количественные отличия в моносахаридном составе бактерий при различных моделях роста (табл. 2). Доминирующими моносахаридами ЭПК *P. pseudoalcaligenes* 109 биопленки и планктона являются арабиноза, галактоза и глюкоза. В биопленке *Pseudomonas sp. T/2* преобладают галактоза и глюкоза. При планктонной форме роста этой культуры доминирует наряду с вышеперечисленными моносахаридами арабиноза. У *Rhodococcus erythropolis* 102 в биопленке доминируют манноза, галактоза, глюкоза; в планктоне, кроме указанных углеводов, – арабиноза, содержание которой составляет 15 % от суммы площадей пиков. Следует

отметить, что ксилоза была обнаружена только в биопленке ЭПК исследованных бактерий; рибоза – выявлена только в биопленке *Pseudomonas sp.* T/2.

Таблица 2

**Моносахаридный состав экзополимерного комплекса гетеротрофных бактерий при различных моделях роста**

Моносахарид	<i>Pseudomonas pseudoalcaligenes</i> 109		<i>Pseudomonas sp.</i> T/2		<i>Rhodococcus erythropolis</i> 102	
	Биопленка	Планктон	Биопленка	Планктон	Биопленка	Планктон
Рамноза	6,3	-	2,7	-	-	7,3
Фукоза	2,9	-	2,2	4,4	-	5,5
Рибоза	-	-	3,1	-	-	-
Арабиноза	31,7	12,5	6,5	32,1	6,3	15,0
Ксилоза	1,8	-	4,1	-	4,1	-
Манноза	8,3	8,9	4,9	9,2	19,9	14,7
Галактоза	26,3	52,7	17,4	40,7	21,1	45,0
Глюкоза	22,7	25,9	59,1	13,6	24,3	12,5
X1	-	-	-	-	2,8	-
X2	-	-	-	-	21,5	-

**Примечание:** Количество моносахаридов приведено в % от общей площади пиков.

«-» - моносахарид не выявлен; X1, X2 – не идентифицированные гексозы.

Более высокое содержание моносахаридов, определенных в ЭПК гетеротрофных бактерий, принадлежит галактозе и глюкозе. Содержание других углеводов в ЭПК бактерий составляет от 2,2 % до 15,0 %, за исключением арабинозы, количество которой в биопленке и планктоне бактерий рода *Pseudomonas*, значительное – 31,7 % и 32,1 %.

Кроме того, биопленочная форма роста бактерий отличается разнообразием моносахаридного состава. Например, ЭПК биопленки *P. pseudoalcaligenes* 109 содержит 7 сахаров: рамнозу, фукозу, арабинозу, ксилозу, маннозу, галактозу, глюкозу (рисунок). При планктонной модели роста отсутствовали рамноза, фукоза и ксилоза.

Моносахаридный состав ЭПК биопленки *Rhodococcus erythropolis* 102 представлен арабинозой, ксилозой, маннозой, галактозой и двумя не идентифицированными гексозами, обозначенными как X<sub>1</sub> и X<sub>2</sub> (табл. 2).

В составе экзополимерного комплекса бактерий-деструкторов защитных покрытий были определены также жирные кислоты. Анализ жирнокислотного состава ЭПК бактерий выявил наличие насыщенных, ненасыщенных жирных кислот и оксикислот с длиной цепи от 12 до 19 углеродных атомов (табл. 3).

В спектре жирных кислот экзополимерного комплекса бактерий доминировала гексадекановая (C<sub>16,0</sub>) кислота, содержание которой было значительным как в условиях биопленочной модели роста, так и в условиях планктона. Наблюдается также высокое содержание тетрадекановой (C<sub>14,0</sub>) кислоты. Из оксикислот присутствовала 3-окситетрадекановая (3-ОН-C<sub>14,0</sub>) в небольших количествах. Жирная кислота 2-оксипентадекановая (2-ОН-C<sub>15,0</sub>) выявлена только в ЭПК *Rhodococcus erythropolis* 102.

Необходимо отметить, что ненасыщенные жирные кислоты гексадеценная (C<sub>16,1</sub>) и октадеценная (C<sub>18,1</sub>) выявлены только в биопленке гетеротрофных бактерий. Доля остальных жирных кислот в ЕПК биопленки колеблется от 1,1 % до 6,9 % от суммы площадей пиков.

Сравнительное изучение экзополимерного комплекса гетеротрофных бактерий-деструкторов защитного полиэтиленового покрытия Поликен 980-25 показало, что в условиях биопленочной модели роста удельная продуктивность ЭПК *Pseudomonas pseudoalcaligenes* 109 была в 2, у *Rhodococcus erythropolis* 102 в 10 раз выше, чем в условиях планктона. Полученные данные подтверждают наблюдения других авторов о преимуществе роста и функционировании бактерий рода *Desulfovibrio* в прикрепленном состоянии к металлу [8].

Увеличение же количества углеводов и белка в ЭПК планктона свидетельствует об активной жизнедеятельности бактерий, за счет использования ими бутилкаучукового слоя покрытия Поликен 980-25 как дополнительного источника углерода [1]. Применение метода ИК-спектроскопии позволило установить, что под действием бактерий *Arthrobacter flavescens* 102, *P. pseudoalcaligenes* 109 и их ассоциации происходит окислительная деструкция клеевой основы

покрытия Поликен 980-25, т.е. подойти к механизму деградации этого материала. Вследствие разрыва полимерной цепи образуются диальдегид и кетоны, которые содержат карбонильные группы. Следовательно, под действием бактерий полимер разлагается на более простые соединения, которые могут ими использоваться как источник энергии и питания [10].

Таблица 3

**Состав жирных кислот ЭПК гетеротрофных бактерий при разных моделях роста**

Жирные кислоты	Форма роста бактерий	Вид, номер штамма		
		<i>Pseudomonas pseudoalcaligenes 109</i>	<i>Pseudomonas sp. T/2</i>	<i>Rhodococcus erythropolis 102</i>
C <sub>12:0</sub>	Биопленка	5,4	5,4	3,1
	Планктон	10,1	9,8	12,4
C <sub>14:0</sub>	Биопленка	15,6	10,2	12,1
	Планктон	12,2	10,6	12,8
C <sub>15:0</sub>	Биопленка	1,7	1,9	1,6
	Планктон	13,2	8,5	3,9
3-ОН- C <sub>14:0</sub>	Биопленка	2,5	2,7	-
	Планктон	1,6	1,9	-
C <sub>16:1</sub>	Биопленка	19,2	20,2	19,5
	Планктон	-	-	-
2-ОН- C <sub>15:0</sub>	Биопленка	-	-	4,3
	Планктон	-	-	5,6
C <sub>16:0</sub>	Биопленка	28,2	27,2	26,4
	Планктон	27,2	32,4	24,9
C <sub>17:0</sub>	Биопленка	1,1	1,6	1,9
	Планктон	15,2	14,6	10,2
C <sub>18:1</sub>	Биопленка	13,8	14,4	15,4
	Планктон	-	-	-
C <sub>18:0</sub>	Биопленка	5,6	4,2	7,5
	Планктон	12,4	12,8	19,6
C <sub>19:0</sub>	Биопленка	6,9	12,2	8,2
	Планктон	8,1	9,4	10,6

**Примечание:** количество жирных кислот приведено в % от общей площади пиков;

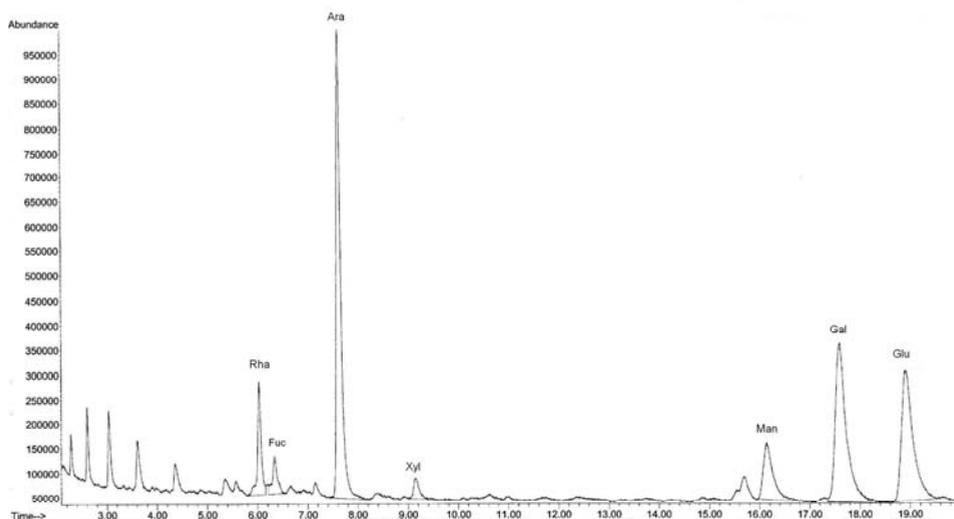
«-» - жирная кислота не выявлена

Известно, что основным фактором формирования биопленки является экзополимерный комплекс, в состав которого входят экзополисахариды, экзолиполисахариды, белки, липиды и др. Исследованные экзополимеры отличаются качественным составом моносахаридов и уровнем их накопления в зависимости от модели роста бактерий. Они состоят из альдогексоз и альдопентоз, что обеспечивает их высокую реактивную способность как фактора адгезии. Возможно, прикрепление бактерий к поверхности защитного покрытия и дальнейшее формирование биопленки осуществляется не только за счет реологических характеристик биополимеров, а также вследствие химического взаимодействия альдегидных групп экзополисахаридов с активными группами на поверхности поликена. Кроме того, экзополисахариды обуславливают не только прикрепление клеток к субстрату, но и функционирование сообществ биопленки, создавая стабильную структуру.

В экзополимерном комплексе исследованных бактерий были также обнаружены насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты. Ненасыщенные жирные кислоты в экзополимерном комплексе бактерий биопленки способствует увеличению ее активности. Липиды, вступающая в связи с другими видами молекул, особенно с белками и полисахаридами, способствуют стабилизации экзополимерного матрикса [5].

Таким образом, на поверхности покрытия Поликен 980-25 формируется многовидовая биопленка, бактерии которой синтезируют экзополимерные соединения, в частности полисахариды, способствующие адгезии к поверхности защитного материала, быстрому размножению и выживанию популяции в экстремальных условиях. Внеклеточные полисахариды, обладающие свойствами ионообменников, адсорбируют из окружающей среды органические и

неорганические ионы, концентрируют их вокруг клеток микроорганизмов, что обеспечивает им преимущество в условиях пониженной концентрации питательных веществ [13]. Конечным результатом функционирования биопленки на поверхности покрытия Поликен 980-25 является его биодegradация.



**Рис. Хроматограмма моносахаридного состава экзополимеров биопленки *Pseudomonas pseudoalcaligenes* 109.**

Rha – рамноза, Fuc – фукоза, Ara – арабиноза, Xyl – ксилоза, Man – манноза, Gal – галактоза, Glu – глюкоза.

Таким образом, полученные результаты позволяют констатировать следующее:

Агрессивное микробное сообщество, выделенное из поврежденного покрытия Поликен 980-25, состоит из гетеротрофных бактерий *Pseudomonas pseudoalcaligenes* 109, *Pseudomonas sp.* T/2 и *Rhodococcus erythropolis* 102.

Выявлены различия в продукции экзополимерного комплекса исследованных бактерий в зависимости от модели роста. Удельная продуктивность ЭПК бактерий в условиях биопленки была в 2-10 раз выше, чем при планктонной форме роста.

Показано, что моносахаридный состав ЭПК биопленки исследованных бактерий более разнообразный, чем в планктоне. Доминирующими сахарами ЭПК бактерий являются арабиноза, манноза, галактоза и глюкоза. Ксилоза выявлена только в условиях биопленочной формы роста бактерий

Жирнокислотный состав ЭПК бактерий содержит насыщенные, ненасыщенные жирные кислоты и оксикислоты. Ненасыщенные жирные кислоты гексадеценовая (C<sub>16:1</sub>) и октадеценовая (C<sub>18:1</sub>) выявлены только в биопленке бактерий-деструкторов покрытия.

Авторы статьи выражают искреннюю благодарность старшему научному сотруднику отдела физиологии промышленных микроорганизмов ИМВ НАН Украины Ногиной Т.М. за идентификацию бактерий *Rhodococcus erythropolis* 102.

**Ж.П. Коптєва, В.В. Заніна, М.О. Борецька, Ю.М. Юміна,  
Г.Є. Коптєва, І.П. Козлова**

*Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, Київ*

### **МОНОСАХАРИДНИЙ І ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД ЕКЗОПОЛІМЕРНОГО КОМПЛЕКСУ БАКТЕРІЙ-ДЕСТРУКТОРІВ ЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ ГАЗОПРОВОДУ**

#### **Резюме**

Вивчено моносахаридний та жирнокислотний склад екзополімерного комплексу (ЕПК) гетеротрофних бактерій *Pseudomonas pseudoalcaligenes* 109, *Pseudomonas sp.* T/2, *Rhodococcus erythropolis* 102 -деструкторів захисного покриття Полікен 980-25. Показано, що залежно від моделі росту бактерій змі-

ністю якісний і кількісний склад компонентів ЕПК. Домінуючими цукрами є арабіноза, маноза, галактоза і глюкоза. Ксилоза виявлена тільки в умовах біоплівкової форми росту усіх досліджених бактерій; рибоза – тільки у біоплівці *Pseudomonas sp. T/2*.

Жирнокислотний склад ЕПК містить насичені, ненасичені кислоти з довжиною ланцюга від 12 до 19 вуглецевих атомів. У спектрі жирних кислот ЕПК бактерій переважала гексадеканова (C<sub>16,0</sub>) кислота, вміст якої в умовах біоплівки і планктону складає від 24,9 % до 32,4 %. Ненасичені жирні кислоти гексадецені (C<sub>16,1</sub>) і октадецені (C<sub>18,1</sub>) виявлені тільки у біоплівці бактерій-деструкторів покриття.

Ключові слова: бактерії-деструктори, біоплівка, екзополімерний комплекс, моносахариди, жирні кислоти, покриття Полікен 980-25.

**Zh. P Kopteva, V.V. Zanina, M.A. Boretskaya, Yu.M. Yumyna, A.E. Kopteva, I.A. Kozlova**

*Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv*

## **MONOSACCHARIDE AND FATTY ACID COMPOSITION OF EXOPOLYMER COMPLEX OF BACTERIA-DESTRUCTORS OF THE PROTECTIVE COATING OF GAS PIPELINE**

### **S u m m a r y**

Monosaccharide and fatty acid composition of the exopolymer complex (EPC) of heterotrophic bacteria *Pseudomonas pseudoalkaligenes* 109, *Pseudomonas sp. T/2*, *Rhodococcus erythropolis* 102 – destructors of the protective coating Polyken 980-25 has been studied. It is shown that qualitative and quantitative composition of EPC components changes depending on the model of bacteria growth. Arabinose, mannose, galactose and glucose are dominating saccharides. Xylose has been revealed only under conditions of the biofilm form of growth of all the studied bacteria; ribose only in the biofilm of *Pseudomonas sp. T/2*. The fatty acid composition of EPC contains saturated and unsaturated acids with 12-19 carbon atoms. Hexadecanoic acid (C<sub>16,0</sub>) acid which content in the biofilm and plankton conditions is from 24.9 to 32.4% prevailed in the spectrum of fatty acids of EPC bacteria. Unsaturated fatty acids: hexadecenoic (C<sub>16,1</sub>) and octadecenoic (C<sub>18,1</sub>) ones have been revealed only in the biofilm of bacteria-destructors of the coating.

The paper is presented in Russian.

**К е у в о р д s:** bacteria-destructors, biofilm, exopolymer complex, monosaccharides, fatty acids, coating Polyken 980-25.

**The a u t h o r's a d d r e s s:** Kopteva Zh. P., Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, National Academy of Science of Ukraine; 154 Acad. Zabolotny St., Kyiv, MSP, D 03680, Ukraine.

1. Андреев К.И., Козлова И.П., Коптєва Ж.П., Пільшенко-Новохатний А.І., Заніна В.В., Пуриш Л.М. Мікробна корозія підземних споруд. – Київ: Наук. думка, 2005. – 258с.
2. Захарова И.Я., Косенко Л.В. Методы изучения микробных полисахаридов. – Киев: Наук. думка, 1982. – 182с.
3. Ильина Т.С., Романова Ю.М., Гинцбург А. Л. Биопленки как способ существования бактерий в окружающей среде и организме хозяина: феномен, генетический контроль и системы регуляции их развития // Генетика. – 2004. – 40, № 11. – С. 1445– 1456.
4. Коптєва Ж.П., Заніна В.В. Мікробні біоплівки на захисних покриттях підземних металевих споруд // Мікробіол. журн. – 2008. – 70, № 1. – С. 71–85.
5. Молекулярная биология: Пер. с англ./Под ред. Б.Н. Ильяшенко. - Москва: Мир, 1977. – 520с.
6. Николаев Ю.А., Плакунов В.К. Биопленка – «город микробов» или аналог многоклеточного организма? // Микробиология. – 2007. – 76, № 2. – С. 149–163.
7. Практикум по биохимии // Под ред. С.Е.Северина, Т.А. Соловьевой. – Москва: Изд-во Моск. Ун-та, 1989. – 509с.
8. Пуриш Л.М., Асауленко Л.Г., Козлова И.П. Вплив інгібітору корозії на продукування екзополімерного комплексу сульфатвідновлювальними бактеріями // Мікробіол. журн. – 2007. – 69, № 3. – С. 43– 50.
9. Романенко В.И., Кузнецов С.И. Экология микроорганизмов пресных водоемов. – Ленинград: Наука, 1974. – 196с.
10. Юмина Ю.М., Коптєва Ж.П., Ласковенко Н.М., Бубнова А.С., Остатюк С.М. Біодеградація захисного покриття «Полікен 980-25» // Полімерн. журн. – 2009. – 31, № 4. – С. 349–352.
11. Albersheim P., Nevis D.J., English P.D., Karr A. A method for the analysis of sugars in plant cell-wall polysaccharides by gas-liquid chromatography // Carbohydr. Res. – 1967. – 5, N 3. – P. 340–345.

12. Beveridge T.J., Makin S.A., Kodurugamuwa J., L., Zusheng L., I. Interactions between biofilms and the environment // FEMS Microbiology Reviews. – 1977. – **20**, N 3-4. – P.2291 – 2304.
13. Geesey G.G., Jang L., Jolley L.G., Hankins M.R., Iwaoka T., Griffiths P.R. Binding of metal ions by extracellular polymers of biofilm bacteria// Water. Sci. and Technol. – 1988. – **20**, N 11/12. – P. 161 – 165.
14. Kefner J., Kennedy E.P. Metabolism and function of bacterial lipids. Metabolism of phospholipids in *E. coli* // J. Biol. Chem. – 1963. – **238**. – P. 2919–2921.
15. Novak J.S., Tanenbaum S.W., Nakas J.P. Heteropolysaccharides formation by *Arthrobacter viscosus* grown on xylose and xylose oligosaccharides // Appl. and Environ. M. – 1992. – **58**, N11. – P. 3501–3507.
16. Sutherland I.W. Biofilm exopolysaccharides: a strong and sticky framework // Microbiology. – 2001. – **147**. – P. 3–9.

Отримано 16.03.2011

УДК 632.937: 633.491:631.46

**Н.В. Патыка<sup>1</sup>, В.В. Бородай<sup>1</sup>, Н.В. Житкевич<sup>2</sup>,  
Е.В. Хоменко<sup>1</sup>, Т.Т. Гнатюк<sup>2</sup>, В.А. Колтунов<sup>3</sup>, В.Ф. Патыка<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев  
ул. Героев Оборона, 15, Киев МСП, ДОО3041, Украина

<sup>2</sup>Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К.Заболотного НАН Украины, Киев  
ул. Академика Заболотного, 154, Киев ГСП, Д03680, Украина

<sup>3</sup>Киевский Национальный торгово-экономический университет, Киев  
ул. Киото, 19, Киев МСП, ДОО2156, Украина

## **ВЛИЯНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ БАКТЕРИЙ И ФИТОПАТОГЕННЫХ ГРИБОВ В АГРОЭКОСИСТЕМЕ КАРТОФЕЛЯ**

*Применение биопрепаратов Фитоцид и Планриз при выращивании картофеля способствовало увеличению общего количества бактерий в почве в сравнении с контролем на 13,0–36,1 % у сорта Скарбница и на 4,5–24,6 % – у сорта Оберг, а также к уменьшению в почве количества фитопатогенных грибов родов *Fusarium* и *Alternaria* в 1,2–1,8 раза. При использовании фунгицида Ровраль Аквофло экологический индекс видового многообразия Шеннона был меньше в сравнении с применением биопрепаратов, при этом наблюдалось уменьшение видового состава микроорганизмов и доминирование тёмноокрашенных микромицетов – *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Phoma* sp., *Doratomyces* sp., а также пигментообразующих бактерий.*

*Ключевые слова:* почвенные микробиоценозы, фитопатогенные грибы, биологические препараты, картофель.

В последние годы использование экологических методов защиты растений получило широкое научно-инновационное развитие и является альтернативой химическим методам, которые негативно влияют на биологическую составляющую агрофитоценозов [1, 3, 6, 10, 13].

Картофель является одной из главных и основных возделываемых технических культур в мире. В последние годы на картофеле наблюдается массовое распространение и возрастающая вредоносность тяжелых форм вирусных заболеваний, бактериозов и микозов. Появление новых сортов картофеля и расширение ассортимента фунгицидов свидетельствует о необходимости постоянного совершенствования технологий семеноводства, применения принципиально новых систем защиты семенного картофеля от фитопатогенов.

В отличие от химических средств защиты, микроорганизмы, которые являются основой биологических препаратов, принимают участие в трансформации труднорастворимых соединений (например, фосфорных), способствуют формированию в ризосфере растений доступных питательных веществ, продуцируют физиологически активные вещества (гормоны, витамины, аминокислоты и др.), способствуют индукции системной резистентности растений [2, 7, 8, 10]. Кроме того, в состав их метаболитов входят вещества антибиотического и фунгицидного действия, которые подавляют развитие фитопатогенов. Активные штаммы микроорганизмов – составляющих биопрепаратов не вызывают у человека отдалённые генетические последствия подобно химическим средствам защиты.

© Н.В. Патыка, В.В. Бородай, Н.В. Житкевич, Е.В. Хоменко, Т.Т. Гнатюк, В.А. Колтунов, В.Ф. Патыка, 2012