

УДК 579.87:579.222.2:579.222.4:579.25

РАЗЛОЖЕНИЕ МОНО- И ПОЛИАРОМАТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НОВЫМ ГРАМПОЛОЖИТЕЛЬНЫМ БАКТЕРИАЛЬНЫМ ШТАММОМ

Д. О. Егорова^a, Е. С. Шумкова^a, Е. Г. Плотникова^{a,b}

^a Институт экологии и генетики микроорганизмов, 614081, Пермь, ул. Голева, 13

^b Пермский государственный университет, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15

Из почв, подверженных интенсивному техногенному воздействию, выделен грамположительный бактериальный штамм-деструктор. Штамм идентифицирован как *Rhodococcus* sp. В7а. Установлено, что штамм утилизирует ряд замещенных и незамещенных моно- и полиароматических углеводов, использует в качестве ростового субстрата 2- и 4-хлорбензойные кислоты, осуществляет разложение 4-хлорбензойной кислоты через стадии образования *para*-гидроксибензойной и протокатеховой кислот, проявляет высокую активность к *орто*- и *para*- замещенным моно-, ди- и трихлорированным бифенилам.

Одной из наиболее актуальных проблем в настоящее время является загрязнение окружающей среды токсичными, устойчивыми соединениями, образующимися в результате промышленной деятельности человека и представляющими опасность для биосферы. К числу таких соединений относится ряд моно- и полиароматических соединений, а так же их замещенные производные.

Принятие в 2001 г. Стокгольмской Конвенции о запрете использования 12 групп соединений галогенароматического ряда (Стойкие органические загрязнители (СОЗ)) и необходимости их утилизации послужило основанием для расширенного изучения возможных способов деструкции данных веществ (<http://www.unep.org>).

Анализ научных публикаций показывает, что одним из наиболее перспективных методов разложения СОЗ является бактериальная деструкция (Занавескин, Аверьянов, 1998; Васильева, Стрижакова, 2007; Хоменков и др., 2008; Unterman, 1996; Pieper, 2005).

Цель работы – выделение бактериального штамма, проявляющего высокую деградативную активность к соединениям группы СОЗ, и изучение его особенностей.

Материалы и методы исследования

Выделение штамма-деструктора проводили методом накопительного культивирования, как описано Е.Г. Плотниковой и др. (2006). В качестве источника углерода использовали бифенил в концентрации 1 г/л.

Определение таксономического положения изолированного штамма. Морфологические, физиологические, биохимические признаки

микроорганизмов изучали по общепринятым методикам (Методы..., 1983; Методы..., 1991). Хемотаксономические признаки изучали так, как описано ранее (Chemical methods in bacterial systematic, 1985; Evtushenko et al, 2000). Амплификацию генов 16S рРНК проводили с использованием бактериальных праймеров 27F и 1492R (Tirola et al., 2002). Секвенирование продуктов амплификации осуществляли с помощью набора реактивов DYEnamic ET Dye Terminator Cycle sequencing Kit на автоматическом секвенаторе MegaBASE 1000 (JSC GE Healthcare, США) согласно рекомендациям производителя. Полученные нуклеотидные последовательности анализировали с использованием программ CLUSTAL W (Thompson et al., 1994), TREECON (van de Peer, DeWachter, 1994), BLAST (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>). Поиск гомологичных последовательностей производили по базам данных GenBank (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>) и EzTaxon (<http://www.eztaxon.org>).

Определение субстратной специфичности.

Субстратную специфичность штамма изучали как описано Е.Г. Плотниковой и др. (2006). В качестве единственного источника углерода и энергии использовали бензол, бифенил, нафталин, толуол и ряд карбоновых кислот: гентизиновую, салициловую, *para*-гидроксибензойную (ПГБК), протокатеховую (ПКК), 2-хлор- и 4-хлорбензойную (2ХБК, 4ХБК), *орто*-фталевою, 2,4-дихлорфеноксиуксусную (2,4-Д).

Ростовые характеристики штамма изучались в жидкой минеральной среде К1 (Zaitsev et al., 1991). Штамм выращивали в колбах Эрленмейера объемом 750 мл в 200 мл минеральной среды

при температуре 28°C и аэрации на шейкере со скоростью 220 об/мин. В качестве субстратов использовали 2ХБК и 4ХБК в концентрации 1 г/л. Количество колониеобразующих единиц (КОЕ) определяли методом серийных разведений с последующим высевом и подсчетом колоний на чашках Петри с агаризованной средой Luria-Bertani (LB) (Ausbel et al., 1995). Расчет удельной скорости роста (μ) культуры и время удвоения (t_d) производили по стандартным формулам.

Динамику дегалогенирования хлорбензойных кислот контролировали измерением оптической плотности ОП₄₆₀ хлорида серебра, образующегося после реакции ионов хлора с азотно-кислым серебром, в культуральной жидкости, освобожденной от клеток (Tsoi et al., 1991).

Продукты деградации хлорбифенилов (ХБ) определяли спектрофотометрически (спектрофотометр Shimadzu BioSpec-mini) и методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) (хроматограф Shimadzu LC-10ADvp, детектор Shimadzu RF-10Ax1, колонка Alltech Lichrosorb RP-18 10U 250 x 4.6 мм). Эксперименты с «отмытыми клетками» проводили аналогично экспериментам Д.О. Рыбкиной и др. (2003).

Образование продуктов *мета*-расщепления ароматического кольца хлорбифенилов – 2-гидрокси-6-оксо-(хлорфенил)гекса-2,4-диеновые кислоты (ГОФДК) определяли спектрофотометрически при λ_{\max} от 390 нм до 440 нм.

Содержание ХБК в среде культивирования регистрировали методом ВЭЖХ. 20 μ л очищенной от клеток культуральной жидкости вносили в установку ВЭЖХ. Подвижной фазой являлась смесь - ацетонитрил : 0.1% H₃PO₄, в соотношении 70:30, скорость потока - 0.70 мл/мин. Продукты деградации ХБ определяли в УФ при длине волны 205 нм. Идентификацию образовавшихся продуктов проводили при сравнении времени удержания вещества со стандартами (2ХБК, 4ХБК, 2,4-ХБК).

Разложение 2ХБК и 4ХБК определяли методом ВЭЖХ. Для экспериментов с «отмытыми клетками» бактериальную культуру выращивали как описано Д.О. Рыбкиной и др., (2003). ХБК вносили в концентрации 1 г/л. Пробы отбирали через 24 и 48 ч инкубации. В случае ростовых экспериментов пробы отбирали одновременно с определением КОЕ бактериальной культуры. 20 μ л очищенной от клеток культуральной жидкости вносили в установку ВЭЖХ и анализировали при условиях, описанных выше. Идентификацию образовавшихся метаболитов проводили при сравнении времени удержания вещества с временем удержания стандартов (2ХБК, 4ХБК, ПГБК, ПКК).

Скрининг функциональных генов (*bphA1*, *fcba*, *fcbb*) с использованием ПЦР осуществляли по описанной ранее методике (Шумкова и др., 2007; Witzig et al., 2006).

Статистическая обработка результатов. Все эксперименты проводили в трехкратной повторности. Полученные данные обрабатывали с использованием стандартных пакетов компьютерных программ Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Выделение и идентификация штамма-деструктора

Методом накопительных культур из образцов почв, отобранных на территориях с высокой техногенной нагрузкой (Плотникова и др., 2006) выделены бактериальные культуры, обладающие деградационной активностью по отношению к различным ароматическим соединениям.

Наибольший интерес в рамках проводимых исследований представляют штаммы, способные использовать в качестве ростового субстрата бифенил. Из числа таких штаммов был отобран изолят, обозначенный В7а.

При росте на полноценной среде LB штамм формирует круглые, выпуклые колонии с гладкой поверхностью, ровным краем, блестящие, маслянистые, розово-кремового цвета. Строгий аэроб. Клетки неподвижные. Споры не образует. Катализатор положительный. Характерен трехстадийный морфогенетический цикл развития. Пептидогликан клеточной стенки содержит мезо-диаминопимелиновую кислоту, арабинозу и галактозу, что соответствует IV хемотипу клеточной стенки. Растет в широком диапазоне температур – от 8 до 42°C и при pH среды 6-9.

У штамма В7а определена нуклеотидная последовательность гена 16S рРНК длиной 467 п.н. и проведено сравнение с гомологичными последовательностями, имеющимися в международных базах данных GenBank/EMBL/DDBJ и на сервере EzTaxon (<http://www.eztaxon.org>). Выявлена филогенетическая близость исследуемого штамма с типовым штаммом *Rhodococcus erythropolis* DSM 43066^T (GenBank X79289). Уровень сходства составил 99.1%.

На настоящем этапе исследования штамм идентифицирован как *Rhodococcus* sp.

Субстратная специфичность

Изучение способности штамма *Rhodococcus* sp. В7а использовать в качестве ростового субстрата различные ароматические соединения показало, что данный штамм растет как на моно-, так и на полиароматических соединениях (табл. 1).

Полученные результаты позволяют предположить, что штамм *Rhodococcus* sp. В7а содержит ферментные системы, обеспечивающие полный путь деструкции нафталина и бифенила, а также хлорированных производных бифенила и бензойной кислоты.

Таблица 1
Рост штамма *Rhodococcus* sp. В7а на ароматических субстратах

Субстрат	Рост	Субстрат	Рост
Бензол	–	<i>o</i> -фталат	+++
Толуол	–	2,4-Д	+
Бифенил	++++	2ХБК	+++
Нафталин	+++	4ХБК	+++
Гентизат	+++	ПГБК	++++
Салицилат	+++	ПКК	++++

Примечание. «–» - нет роста, «+» - «++++» - интенсивность роста.

Хлорбензойные кислоты – ростовой субстрат для *Rhodococcus* sp. В7а

Эксперименты по деструкции 2- и 4-хлорбензойных кислот исследуемым штаммом показали, что за 48 ч. штамм разлагает 89% 2ХБК и 90.7% 4ХБК. Деструкция хлорбензоатов сопровождалась выделением в среду эквимолярных количеств ионов хлора. Были выявлены основные продукты разложения 4ХБК – *para*-гидроксибензойная и протокатеховая кислоты.

Изучена способность штамма *Rhodococcus* sp. В7а к росту в минеральной среде, содержащей в качестве единственного источника углерода и энергии 2ХБК или 4ХБК (рис. 1, 2).

Рост штамма на 2ХБК и 4ХБК сопровождался значительным увеличением числа клеток (на три порядка за двое суток) и коррелировал со снижением концентрации субстрата и накоплением свободных ионов хлора в среде. Изучение ростовых характеристик показало, что удельная скорость роста и время удвоения культуры на данных субстратах отличаются незначительно ($\mu_{2ХБК} = 0.042 \text{ ч}^{-1}$, $\mu_{4ХБК} = 0.061 \text{ ч}^{-1}$, $t_{d2ХБК} = 11.52 \text{ ч}$, $t_{d4ХБК} = 11.3 \text{ ч}$).

Полученные данные показывают, что штамм *Rhodococcus* sp. В7а проявляет одинаковую активность как в отношении орто-, так и в отношении пара-хлорированной бензойной кислоты.

Подобный уровень деградационной активности отмечен для штамма *R. ruber* P25, выделенного из образца почвы того же района исследования и обладающего широкой субстратной специфичностью (Рыбкина, 2003).

Деструкция хлорированных бифенилов штаммом *Rhodococcus* sp. В7а

Эксперименты показали способность штамма *Rhodococcus* sp. В7а трансформировать орто- и пара-замещенные моно-, ди- и трихлорированные бифенилы (табл. 2).

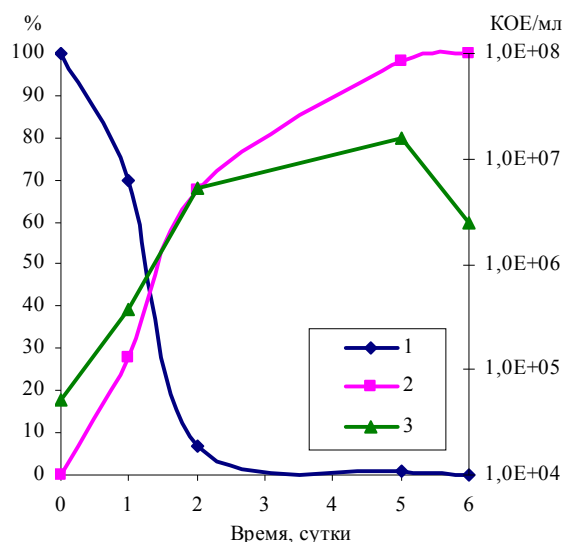


Рис. 1. Рост штамма *Rhodococcus* sp. В7а на 2-хлорбензойной кислоте: 1 – содержание 2ХБК в среде; 2 – содержание Cl⁻ в среде; 3 – количество клеток штамма В7а

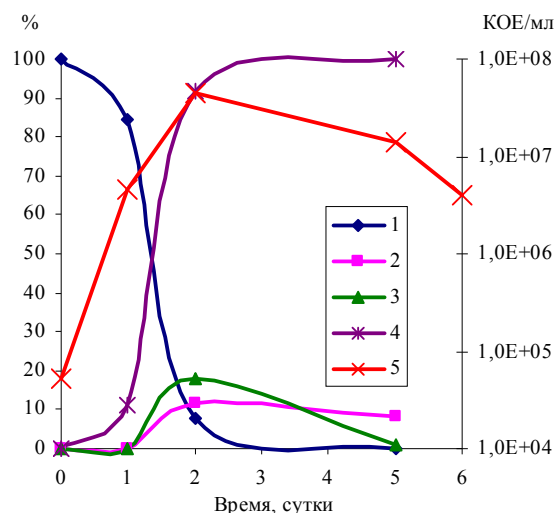


Рис. 2. Рост штамма *Rhodococcus* sp. В7а на 4-хлорбензойной кислоте: 1 – содержание 4ХБК в среде; 2 – содержание ПГБК в среде; 3 – содержание ПКК в среде; 4 – содержание Cl⁻ в среде; 5 – количество клеток штамма В7а

При разложении монохлорированных бифенилов штамм окисляет незамещенное кольцо с последующим расщеплением молекулы до ХБК и утилизацией последней. Большинство известных штаммов-деструкторов трансформируют хлорбифенилы только до стадии образования хлорбензоата, утилизируя лишь отщепляющуюся при этом пентадиеновую кислоту (Bedard, Haberl, 1990; Billingsley et al., 1997; Pieper, 2005).

При разложении дихлорированных бифенилов штамм *Rhodococcus* sp. В7а окисляет как орто-,

так и пара-замещенные кольца. Однако большую активность он проявляет к орто-хлорированному кольцу молекулы бифенила, чем отличается от известных штаммов (Seeger et al., 1999; Suenaga et al., 2002).

Анализ метаболитов, образующихся при деструкции трихлорированных бифенилов, показал, что штамм В7а окисляет моно-замещенное кольцо

молекулы бифенила, при этом конечным продуктом разложения является дихлорированная бензойная кислота. Данный путь характерен для ряда описанных бактерий-деструкторов (Unterman, 1996; Pieper, 2005), однако выделенный нами штамм отличается высокой активностью по отношению к трихлорированным бифенилам.

Таблица 2

Деструкция хлорированных бифенилов штаммом *Rhodococcus* sp. В7а

Субстрат	Время, час	Продукты деструкции				
		ГОФДК		Бензойная кислота		
		λ_{\max} , нм	ОП, ед	положение заместителя	мг/л	%
2-ХБ	0				4.27±0.02	7.4
	3	н.д.	н.д.	2-Cl	57.29±0.01	98.6
	24				52.25±0.02	89.9
4-ХБ	0	н.д.	н.д.		10.62±0.01	13.5
	3		0.538	4-Cl	76.88±0.08	98.2
	24	413	0.298		49.66±0.07	63.5
2,2'-ХБ	0		0.196		1.05±0.01	6.76
	3	390	0.324	2-Cl	15.42±0.02	95.2
	24	н.д.	н.д.		16.99±0.03	100
2,4'-ХБ	0		1.368		3.57±0.02	22.9
	3		2.383	4-Cl	7.77±0.02	49.6
	24	396		4-Cl	5.31±0.01	33.9
				2-Cl	2.20±0.02	14.1
4,4'-ХБ	0				н.д.	н.д.
	3	н.д.	н.д.	4-Cl	7.78±0.02	49.8
	24				8.98±0.03	57.5
2,4,2'-ХБ	0		н.д.		0.08±0.01	0.8
	3	393	0.351	2,4-Cl	1.56±0.01	16.3
	24		0.387		7.72±0.02	80.88
2,4,4'-ХБ	0				н.д.	н.д.
	3	н.д.	н.д.	2,4-Cl	1.25±0.01	13.1
	24				5.21±0.01	54.5

Примечание: «н.д.» - не детектировалось в среде

Скрининг функциональных генов штамма *Rhodococcus* sp. В7а

На матрице ДНК исследуемого штамма была проведена амплификация нуклеотидных последовательностей, соответствующих участкам *pcbA* и *pcbB* генов, контролирующих первый этап разложения 4ХБК, и нуклеотидных последовательностей, гомологичных участку гена *bphA1*, контролирующего первый этап разложения бифенила/ПХБ. Однако специфичной амплификации зафиксировано не было. По-видимому, гены штамма *Rhodococcus* sp. В7а, ответственные за начальные этапы разложения бифенила/ПХБ и 4ХБК, отличаются от известных (Pieper, 2005; Schmitz et al., 1992; Witzig et al., 2006; Zaitzev et al., 1991; <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>).

Заключение

Бактериальная деструкция хлорированных ароматических соединений группы СОЗ, в частности ПХБ и ХБК, является одним из наиболее оптимальных способов разложения данных соединений и восстановления загрязненных ими территорий.

Выделенный из почвы, загрязненной отходами химических производств, штамм *Rhodococcus* sp. В7а обладает широким спектром деградативной активности. Установлено, что исследуемый штамм использует в качестве ростового субстрата как моно-, так и полиароматические соединения. При этом он осуществляет минерализацию моно- и дихлорированных орто- и пара-замещенных бифенилов, утилизируя образующиеся при их разложении моно-замещенные орто- и пара-хлорбензойные кислоты. Подобные свойства опи-

саны лишь для нескольких штаммов-деструкторов (Arensdorf, Foht, 1994; Kim, Picardal, 2001; Adebusoie et al., 2007, 2008).

Таким образом, представленный в данной работе штамм *Rhodococcus* sp. В7а обладает существенным потенциалом для использования в биотехнологиях по очистке почв, загрязненных галогенароматическими соединениями, и в частности полихлорированными бифенилами.

Работа поддержана грантом РФФИ-Урал № 07-04-96078_a, Программой Президиума РАН "Молекулярная и клеточная биология", проект «Исследование метаболизма токсичных органических соединений у аэробных бактерий, анализ генетических и ферментных систем биотрансформации», ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России", тема "Разработка биокалалитических технологий синтеза органических кислот и энантиомерно-чистых соединений для полимерной химии, медицины и экологической биотехнологии на основе микроорганизмов-продуцентов, селекционированных из природных и антропогенноизмененных почв" (ГК № 02.740.11.0078.)

Библиографический список

- Васильева Г.К. Биоремедиация почв и седиментов, загрязненных полихлорированными бифенилами / Г.К. Васильева, Е.П. Стрижакова // Микробиология. 2007. Т. 76, № 6. С. 725-741.
- Занавескин Л.Н. Полихлорбифенилы: проблемы загрязнения окружающей среды и технологические методы обезвреживания / Л.Н. Занавескин, В.А. Аверьянов // Успехи химии. 1998. Т. 67, № 8. С. 788-800.
- Методы общей бактериологии / под ред. Ф. Герхардт и др. М.: Мир, 1983. Т. 1, 2, 3.
- Методы почвенной микробиологии и биохимии: учеб. пособие / под ред. Д.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
- Плотникова Е.Г. Характеристика микроорганизмов, выделенных из техногенных почв Прикамья / Е.Г. Плотникова, Д.О. Рыбкина, Л.Н. Ананьина и др. // Экология. 2006. № 4. С. 261-268.
- Рыбкина Д.О. Исследование аэробных бактерий, разлагающих полихлорированные бифенилы и хлорбензойные кислоты: дис. на соиск. учен. степ. к. б. н. / Д.О. Рыбкина. Пермь, 2003. 181 с.
- Рыбкина Д.О. Новый аэробный грамположительный микроорганизм с уникальными свойствами деструкции орто- и пара-хлорированных бифенилов / Д.О. Рыбкина, Е.Г. Плотникова, Л.В. Дорофеева и др. // Микробиология. 2003. Т. 72, № 6. С. 759-765.
- Хоменков В.Г. Организация метаболических путей и молекулярно-генетические механизмы биодеградации ксенобиотиков у микроорганизмов / В.Г. Хоменков, А.Б. Шевелев, В.Г. Жуков и др. // Прикладная биохимия и микробиология. 2008. Т. 44, № 2. С. 133-152.
- Шумкова Е.С. Изучение генов, контролирующих реакцию дегалогенирования, бактерий-деструкторов 4-хлорбензоата / Е.С. Шумкова, И.В. Лобова, Л.Н. Ананьина, Е.Г. Плотникова // Вестник Перм. ун-та. 2007. Вып. 5. Биология. С. 117-122.
- Adebusoie A.S. Cometabolic degradation of polychlorinated biphenyls (PCBs) by axenic cultures of *Ralstonia* sp. strain SA-5 and *Pseudomonas* sp. strain SA-6 obtained from Nigerian contaminated soils / A.S. Adebusoie, M.O. Ilory, F.W. Picardal, O.O. Amund // World J. Microbiol. Biotechnol. 2008. Vol. 24. P. 61-68.
- Adebusoie A.S. Growth on dichlorobiphenyls with chlorine substitution on each ring by bacteria isolated from contaminated African soils / A.S. Adebusoie, F.W. Picardal, M.O. Ilory et al. // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2007. Vol. 74. P. 484-492.
- Arensdorf J.J. Formation of chlorocatechol meta cleavage products by a pseudomonad during metabolism of monochlorobiphenyls / J.J. Arens Dorf, D.D. Focht // Appl. Environ. Microbiol. 1994. Vol. 60. P. 2884-2889.
- Ausbel F. M. Short protocols in molecular biology / F. M. Ausbel, R. Brent, R.E. Kingston et al. 1995. 450 p.
- Bedard D.L. Influence of chlorine substitution pattern on the degradation of polychlorinated biphenyls by eight bacterial strains / D.L. Bedard, M.L. Habel // Microbial Ecology. 1990. Vol. 20. P. 87-102.
- Billingsley K.A. Studies on the transformation of selected polychlorinated biphenyl congeners by *Pseudomonas* strain LB400 / K.A. Billingsley, S.M. Backus, O.P. Ward // Can. J. Microbiol. 1997. Vol. 43. P. 782-788.
- Chemical Methods in Bacterial Systematic. M. Goodfellow & D.E.). London: Academic Press. 1985. 412 p.
- Evtushenko L. I. *Leifsonia poae* gen. nov., sp. nov., isolated from nematode galls on *Poa annua* and reclassification of "*Corynebacterium aquaticum*" Leifson 1962 as *Leifsonia aquatica* (ex Leifson 1962) gen. nov., nom. rev., comb. nov. and *Clavibacter xyli* Davis et al. 1984 with two subspecies as *Leifsonia xyli* (Davis et al. 1984) gen. nov., comb. nov. / L. I. Evtushenko, L. V. Dorofeeva, S. A. Subbotin et al. // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 2000. Vol. 50. P. 371-380.
- Kim S. Microbial growth on dichlorobiphenyls chlorinated on both rings as a sole carbon and energy source / S. Kim, F.W. Picardal // Appl. Environ. Microbiol. 2001. Vol. 64. P. 1953-1955.
- Pieper D.H. Aerobic degradation of polychlorinated biphenyls // Appl. Microbiol. Biotechnol. 2005. Vol. 67. P. 170-191.
- Schmitz A. Cloning and sequence analysis of genes for dehalogenation of 4-chlorobenzoate from *Arth-*

- robacter* sp. strain SU / A. Schmitz, K.-N. Gartemann, J. Fielder et al. // Appl. Environ. Microbiol. 1992. Vol. 58. P. 4068-4071
- Seeger M. Regiospecificity of dioxygenation of di- to pentachlorobiphenyls and their degradation to chlorobenzoates by the *bph*-encoded catabolic pathway of *Burkholderia* sp. Strain LB400 / M. Seeger, M. Zielinski, K.N. Timmis, B. Hofer // Appl. Environ. Microbiol. 1999. Vol. 65. P. 3614-3621.
- Suenaga H. Alteration of regiospecificity in biphenyl dioxygenase by active-site engineering / H. Suenaga, T. Watanabe, M. Sato et al. // J. Bacteriol. 2002. Vol. 184. P. 3682-3688.
- Thompson J.D. CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment son / D.G. Higgins, T.J. Gibson // Nucleic. Acids. Res. 1994. Vol. 22. P. 4673-4680.
- Tirola M.A. Isolation and characterization of *Novosphingobium* sp. Strain MT1, a dominant polychlorophenol-degrading strain in a groundwater bioremediation system / M.A. Tirola, M.K. Mannisto, J.A. Puhakka et al. // Appl. Environ. Microbiol. 2002. Vol. 68. P. 173-180.
- Tsoi T.V. Cloning and expression of the *Arthrobacter globiformis* KZT1 *fcba* gene encoding dehalogenase (4-chlorobenzoate-4-hydrolase) in *Escherichia coli* / T.V. Tsoi, G.M. Zaitsev, E.G. Plotnikova et al. // FEMS Microbiol. Lett. 1991. Vol. 65. P. 165-169.
- Unterman R. A history of PCB biodegradation // Bioremediation. Principles and Applications / Eds. Crawford R.L., Crawford D.L. Cambridge University Press: New York. 1996. P. 209-253.
- Van de Peer Y. TREECON for Windows a software package for the construction and drawing of evolutionary trees for the Microsoft Windows environment / Y. van de Peer, R. DeWachter // Comput. Appl. Biosci. 1994. Vol. 10. P. 569-570.
- Witzig R. Assessment of toluene/biphenyl dioxygenase gene diversity in benzene-polluted soils: links between benzene biodegradation and genes similar to those encoding isopropylbenzene dioxygenases / R. Witzig, H. Junca, H.-J. Hecht, D.H. Pieper // Appl. Environ. Microbiol. 2006. Vol. 72, № 5. P. 3504-3514.
- Zaitsev G.M. Genetic control of degradation of chlorinated benzoic acids in *Arthrobacter globiformis*, *Corynebacterium sepeidonicum* and *Pseudomonas cepacia* strains / G.M. Zaitsev, T.V. Tsoi, V.G. Grischenkov et al. // FEMS Microbiol. Lett. 1991. Vol. 81. P. 171-176.

Поступила в редакцию 09.06.2009.

Degradation of mono- and polyaromatic hydrocarbons by a new gram-positive bacterial strain

D.O. Egorova, E.S. Shumkova, E.G. Plotnikova

A gram-positive bacterial strain was isolated from soil of industrial impact. Strain was identified as *Rhodococcus* sp. B7a. The strain was utilizing substituted and non-substituted mono- and polyaromatic hydrocarbons. The strain was able to growth on 2- and 4-chlorobenzoic acids. The *para*-hydroxybenzoate and protocatechuate were metabolites of 4-chlorobenzoate by strain *Rhodococcus* sp. B7a. The strain demonstrates a high degrade activity to *ortho*- and *para*-substituted mono-, di- and three- chlorinated biphenyls.