

УДК 579.22

РОЛЬ ГИДРОБИОНТОВ И БАКТЕРИАЛЬНЫХ БИОПЛЕНОК В ВЫЖИВАЕМОСТИ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ САПРОЗООНОЗОВ В МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМАХ (обзор литературы)

© 2017 г. А. И. Еськова, Л. С. Бузолева, А. М. Кривошеева

Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г. П. Сомова, г. Владивосток

В обзоре отражена проблема выживаемости возбудителей сапрозоонозов в морской среде, показано, что факторами передачи инфекций часто становятся гидробионты. Но морская среда неблагоприятна для существования патогенных бактерий, поэтому одним из важных вопросов является раскрытие механизмов, позволяющих объяснить длительное существование патогенных бактерий в морской среде. Обсуждены экспериментальные исследования, проведенные на гидробионтах, отражающие механизмы выживания патогенных бактерий в морской среде. Приведены сведения, касающиеся процессов биопленкообразования морских бактерий. Показано, что биопленки могут формироваться бактериями одного вида или образовывать сообщества, развивающиеся из многих видов микроорганизмов, например бактерий, простейших, грибов или водорослей. Отмечено, что в естественных местах обитания в природе биопленки могут вызвать серьезное ухудшение экологической обстановки, так как они трудно поддаются разрушению. Обзор литературы показал, что выживание патогенных бактерий в морской среде возможно за счет освоения широкого спектра разнообразных хозяев (микроводоросли, растения, моллюски, простейшие, ракообразные и т. д.), а также за счет образования биопленок как моно- так и смешанных вариантов на различных поверхностях, способствующих сохранению их жизнеспособности.

Ключевые слова: сапрозоонозы, гидробионты, биопленка

THE ROLE OF HYDROBIONTS AND BACTERIAL BIOFILMS IN SURVIVABILITY OF SAPROZOOSES IN THE MARINE ECOSYSTEM (Literature Review)

A. I. Eskova, L. S. Buzoleva, A. M. Krivosheeva

Somov Institute of Epidemiology and Microbiology, Vladivostok, Russia

This review presented the problem of saprozooses survivability in the marine environment. It is shown that hydrobionts is one of the major infection transmission factors. But the marine environment is unfavorable for existence of pathogenic bacteria; therefore, one of the important issues is mechanisms disclosure allowing to explain the continued existence of pathogenic bacteria in the marine environment. Experimental studies on aquatic organisms, reflecting the coping mechanisms of pathogenic bacteria in the marine environment have been discussed. Information concerning processes of marine bacteria biofilm formation has been stated. It is shown that biofilms can be formed by bacteria of one type or form a community of developing from many species of microorganisms, such as bacteria, protozoa, fungi or algae. It is noted that in the natural habitats biofilms can cause serious environmental deterioration, since they are difficult to destroy. The literature review showed that the pathogenic bacteria survivability in the marine environment is possible due to development of a wide range of different hosts (microalgae, plants, mollusks, protozoans, crustaceans, etc.), as well as due to the formation of biofilms as mono- and mixed options on various surfaces, contributing to the preservation of their viability.

Keywords: saprozoosis, hydrobionts, biofilm

Библиографическая ссылка:

Еськова А. И., Бузолева Л. С., Кривошеева А. М. Роль гидробионтов и бактериальных биопленок в выживаемости возбудителей сапрозоонозов в морских экосистемах (обзор литературы) // Экология человека. 2017. № 10. С. 3–8.

Eskova A. I., Buzoleva L. S., Krivosheeva A. M. The Role of Hydrobionts and Bacterial Biofilms in Survivability of Saprozooses in the Marine Ecosystem (Literature Review). *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017, 10, pp. 3-8.

Возбудители сапрозоонозов обладают двойственной природой (сапрофитной и паразитической) и способны в зависимости от среды обитания вести как сапрофитный (нахождение в окружающей среде), так и паразитический (при попадании в теплокровный организм) образ жизни [25].

К ним относятся такие возбудители, как *Listeria monocytogenes*, *Yersinia pseudotuberculosis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Burkholderia pseudomallei*, *Legionella pneumophila*, *Salmonella typhi*, *Vibrio cholerae*, и др. Для возбудителей сапрозоонозов характерен широкий диапазон экологической толерантности, т. е. способность выживать в различных объектах среды [3]. Они свободно обитают в различных почвах, богатых гумусом [2], регулярно выделяются

от домашних и диких животных, часто обнаруживаются в продуктах питания [8, 32], контаминируют растения [4, 18, 20, 22, 29], а также встречаются в гидробионтах [13], обитают в пресных водоемах и в морской среде [27, 33].

Ряд авторов отмечают присутствие и размножение возбудителей сапрозоонозов в морской среде: были изолированы бактерии рода *Yersinia* [10], а также бактерии рода *Vibrio* [6, 12], *Listeria* [1, 31, 44], *Legionella* [46].

Привнесение патогенных микроорганизмов в морскую среду может быть связано с паводковыми и грунтовыми водами [27], с загрязнением вод канализационными стоками [7, 16]. Существующие методы обеззараживания сточных вод не обеспечи-

вают полного губительного воздействия на условно-патогенные микроорганизмы, которые, контактируя с гидробионтами, могут представлять опасность как для обитателей моря, так и для человека, употребляющего в пищу зараженных морских животных [7, 15].

Первые упоминания о листериозе морского происхождения появились в 80-х годах прошлого столетия. Причиной тому послужили несколько вспышек листериоза, зарегистрированные в Новой Зеландии, Италии и США, вызванные употреблением в пищу инфицированных морских гидробионтов — мидий, креветок, устриц [27, 39, 47].

Согласно литературным источникам, бактерии рода *Listeria* обнаружены в различных гидробионтах [49]. По данным Н. Momtaz, S. Yadollahi [42], *L. monocytogenes* были обнаружены в свежей рыбе, крабах, креветках и омарах [34, 35, 42,]. При исследовании морских беспозвоночных: голотурий, асцидий, морских звезд, морских ежей, двусторчатых моллюсков, на наличие в них *L. monocytogenes* было выделено 12 изолятов, по своим свойствам не отличающихся от референт-штаммов [1]. Из креветок [12, 43] и устриц [7] были изолированы неагглютинирующиеся холерные вибрионы. В опытах с различными гидробионтами (моллюсками, ракообразными, земноводными и рыбами) было показано, что *Vibrio cholerae* входит в состав их собственной микрофлоры [21].

Но морская среда неблагоприятна для существования патогенных бактерий, поэтому одним из важных вопросов является раскрытие механизмов, позволяющих объяснить длительное существование патогенных бактерий в морской среде.

К биотическим факторам, способствующим поддержанию популяции патогенных бактерий в морской среде, можно отнести их взаимодействие с простейшими, водорослями, членистоногими, червями и другими членами морских сообществ. Показано, что такие простейшие, как инфузории и амёбы, способны поддерживать в воде численность патогенных бактерий различных семейств. Оказалось, что характер их взаимоотношений не сводится к хищничеству, а имеет сложную симбиотическую природу [7].

Так, инфузории оказывают влияние на существование разных видов бактерий — иерсиний, псевдомонад, листерий в воде [20]. Л. А. Ряпис [24] отмечает, что в морской воде, где в отсутствие простейших бактериальная популяция возбудителей сапрозоонозов интенсивно подавляется микробным сообществом, в ассоциации с инфузориями наблюдается более высокая их численность и устойчивое существование в течение длительного времени.

Н. Ф. Тимченко [29] показано, что в морских экосистемах возможными хозяевами *Yersinia pseudotuberculosis* могут быть иглокожие: голотурии, длительно сохраняющие иерсиний и способные заражать здоровых особей, а также морские ежи.

Известны связи сальмонелл, псевдомонад, буркхолдерий с разными гидробионтами [21]. Экспериментально показана связь патогенных бактерий с водными

беспозвоночными. Так, по данным А. Нуq et al. [38, 39], холерные вибрионы способны выживать за счет прикрепления к веслоногим ракообразным-циклопам. При этом выживанию вибрионов и стимуляции их размножения способствовал хитин.

Морские водоросли (зеленые, сине-зеленые, диатомовые, бурые) также могут быть одной из ниш обитания возбудителей сапрозоонозов. Холерный вибрион был выделен и из высших морских растений [5, 13]. Была установлена выживаемость иерсиний в ассоциациях с сине-зелеными водорослями и инфузориями [13]. Морские микроводоросли играют существенную роль в поддержании жизнеспособности популяций *L. monocytogenes*. В экспериментальных исследованиях альгобактериальной ассоциации *L. monocytogenes* и бентосной диатомеи *Navicula sp.* было показано, что последняя подавляет репродуктивность листерий. Бактерии вида *L. monocytogenes* в отношении *Navicula sp.* проявляют альгицидную активность, используя «контактный» механизм лизиса растительной клетки [26].

В. Е. Тереховой [27] экспериментально показано, что экзометаболиты зеленых и криптоносовых водорослей лучше активизируют размножение листерий, в то время как диатомовые водоросли ингибируют рост и размножение *Listeria monocytogenes*. Известно, что экзометаболиты *Phaeodactylum tricornutum* стимулировали рост *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium* [9].

К биотическим механизмам адаптации патогенных бактерий к факторам окружающей среды можно отнести и их возможность выживать в биопленках. В настоящее время с помощью микроскопических и молекулярно-генетических методов исследования доказано, что природные популяции бактерий в основном существуют в виде закрепленных на субстратах биопленках. Бактериальные биопленки это естественная форма существования бактерий в окружающей среде и в организме хозяина [19]. Находясь в составе биопленок в прикрепленном состоянии бактерии защищены от повреждающих факторов внешней среды. Формирование биопленочных сообществ оказалось одной из основных стратегий выживания бактерий в занимаемых ими экологических нишах [23].

Биопленки — это микробные сообщества, в которых клетки необратимо прикреплены друг к другу и к твердому биотическому или абиотическому субстратам, а также защищены внеклеточным полимерным матриксом. Также бактериальные сообщества могут быть образованы бактериями одного или нескольких видов и состоять как из активно функционирующих клеток, так и из покоящихся или некультивируемых форм. В последнее время роли биопленок в окружающей среде уделяется особое внимание, так как они создают большие проблемы в различных областях хозяйственной деятельности [36, 41].

Биопленки в морской среде могут образовываться на разных поверхностях, например, в виде обрастания камней [17], обрастания корпусов судов [30].

В настоящее время мало изучен характер взаимоотношений патогенных бактерий в сообществах микроорганизмов, обитающих в морской среде, и механизм формирования смешанных биопленок, где патогенные микроорганизмы существуют в ассоциации с морскими сапротрофами [28].

Биопленки могут формироваться бактериями одного вида или образовывать сообщества, развивающиеся из многих видов микроорганизмов, например бактерий, простейших, грибов или водорослей [14, 37]. Впервые отмечено биопленкообразование *Legionella pneumophila* некоторыми видами простейших (*Oxytricha*, *Stylonychia Mytilus*, *Ciliophrya sp.*), а также с нематодами [46]. Авторы показали, что нематоды могут служить естественными хозяевами легионелл, способствовать их сохранению и распространению в окружающей среде.

Например, выявлено, что хитин — один из наиболее распространенных полимеров в водной среде — способствует выживанию патогенных бактерий (Pruzzo et al [45]). Так, *Vibrio cholerae*, прикрепляясь к хитину ракообразных, способны размножаться с образованием биопленки, сохраняя жизнеспособность, а также метаболическую активность в течение длительного времени даже при низких значениях pH без потери жизнеспособности и вирулентности [11, 43].

В естественных местах обитания в природе биопленки могут вызвать серьёзное ухудшение экологической обстановки. Биопленки, образуемые в природных условиях, трудно поддаются разрушению. Они противостоят биологическим методам борьбы, так как благодаря своей структуре устойчивы к бактериофагам, амёбам, а также к действию химических веществ, используемых в борьбе с биоагрессорами. Одна из причин устойчивости биопленок к действию этих средств — неспособность агентов проникать вглубь биопленки. Полимерные вещества, составляющие матрикс биопленки, препятствуют их проникновению.

Таким образом, морские гидробионты являются факторами передачи возбудителей сапрозоонозов. Выживание этих патогенных бактерий в морской среде возможно за счет освоения широкого спектра разнообразных хозяев (микроводоросли, растения, моллюски, простейшие, ракообразные и т. д.), а также за счет образования биопленок как моно-, так и смешанных вариантов на различных поверхностях, способствующих сохранению их жизнеспособности.

Список литературы

1. Беленева И. А., Быстрова А. Н. Выделение патогенной бактерии *Listeria monocytogenes* из гидробионтов залива Петра Великого Японского моря // Биология моря. 1997. Т. 23, № 5. С. 293–297.
2. Бузолева Л. С., Ли Н. Г., Сидоренко М. Л. Взаимодействие сапротитной микрофлоры с возбудителями сапрозоонозов в почвенных биоценозах // Успехи современного естествознания. 2013. № 5. С. 10–12.
3. Бузолева Л. С. Сапрозоонозы: вчера, сегодня, завтра // Бюллетень СО РАМН. 2011. № 4. С. 64–72. URL:

<http://elibrary.ru/item.asp?id=16655005> (дата обращения: 11.04.2016)

4. Богатыренко Е. А., Бузолева Л. С., Бердасова А. С. Исследование способности *Listeria monocytogenes* формировать биопленки в консорциуме с сапротитными бактериями // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=16467> (дата обращения: 23.03.2016)

5. Горобец О. Б., Блинкова Л. П., Батура А. П. Влияние микроводорослей на жизнеспособность микроорганизмов в естественной и искусственной среде обитания // Журнал микробиологии. 2001. № 1. С. 104–108.

6. Димитриева Е. Ю. Вибрионы морских аквариумов, опасные для людей // Проблемы аквакультуры: материалы Международных научно-практических конференций по аквариологии, Москва, 2007. Вып. II. URL: <http://www.aqualogo.ru/book2007-17> (дата обращения: 20.05.2016)

7. Зуев В. С. Сапротитизм патогенных бактерий // Ветеринарная патология. 2004. № 4. С. 11–16.

8. Краснова Е. Б., Мосолова Т. В., Юрьева Н. А. Микробиологический мониторинг контаминации пищевых продуктов *L. monocytogenes* во Владивостоке // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2010. Т. 41–42, № 1–2. С. 139–141.

9. Кривошеева А. М., Бузолева Л. С., Айздайчер Н. А. Биологическое действие экзометаболитов морской микроводоросли *Phaeodactylum Tricornutum* на размножение *Staphylococcus aureus* и *Salmonella typhimurium* // Международный журнал экспериментального образования. 2013. № 10-2. С. 283–287.

10. Кузнецов В. Г., Лаженцева Л. Ю., Елисейкина М. Г., Шульгина Л. В., Тимченко Н. Ф. Распространение бактерий рода *Yersinia* в морской воде и гидробионтах (обзор) // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2006. № 53. С. 117–120.

11. Куликалова Е. С., Урбанович Л. Я., Марков Е. Ю., Вишняков В. С., Миронова Л. В., Балахонов С. В., Шкаруба Т. Т. Связь холерного вибриона с водными организмами и её значение в эпидемиологии холеры // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2014. № 4 (77). С. 19–25.

12. Лаженцева Л. Ю. Распространённость галофильных вибрионов в морских промысловых объектах и продуктах из них (обзор) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2012. № 26-1. С. 33–51.

13. Литвин В. Ю., Сомов Г. П., Пушкарева В. И. Сапронозы как природно-очаговые болезни // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2010. № 1. С. 10–16.

14. Литвиненко З. Н. Влияние органических веществ на формирование биопленок в водных экосистемах: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Хабаровск, 2015. 23 с.

15. Мамонтов Л. М., Авдеев В. В., Марков А. В. Мониторинг микробных сообществ водных экосистем // Гигиена и санитария. 2001. № 2. С. 33–35.

16. Онищенко Г. Г. Влияние состояния окружающей среды на здоровье населения. Нерешенные проблемы и задачи // Гигиена и санитария. 2003. № 1. С. 3–7.

17. Парфенова В. В., Малык В. В., Бойко С. М., Шевелева Н. Г., Логачева Н. Ф., Евстигнеева Т. Д., Сутурин А. Н., Тимошкин О. А. Сообщества гидробионтов, развивающиеся на поверхности раздела фаз: вода, горные породы в озере Байкал // Экология. 2008. № 3. С. 211–216.

18. Персиянова Е. В. Характеристика взаимоотношений *Yersinia pseudotuberculosis* с растительными клетками: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2008. 22 с.

19. Поздеев О. К. Медицинская микробиология под ред. академика РАМН, проф. В. И. Покровского. М.: ГЭОТАР-МЕД. 2001. 765 с.
20. Пушкарева В. И., Диденко Л. В., Годова Г. В. *Listeria monocytogenes* – взаимодействие с агрокультурами и стадии формирования биопленки // Эпидемиология и вакцинопрактика. 2013. № 1. С. 42–49.
21. Пушкарева В. И., Ермолаева С. А., Литвин В. Ю. Гидробионты как резервуарные хозяева возбудителей бактериальных сапронозов // Зоологический журнал. 2010. № 1. С. 37–47.
22. Пушкарева В. И., Литвин В. Ю., Троицкая В. В. Листерии в растениях: экспериментальное изучение колонизации, численности и изменчивости // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 1996. № 5. С. 10–12.
23. Романова Ю. М., Гинцбург А. Л. Бактериальные биопленки как естественная форма существования бактерий в окружающей среде и организме хозяина // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2011. № 3. С. 99–109.
24. Рянис Л. А. Биомолекулярные основы полипатогенности сапрофитов (на примере псевдомонад и буркхолдерий) // Ветеринарная патология. 2004. № 4. С. 6–11.
25. Сомов Г. П., Бузолева Л. С. Адаптация патогенных бактерий к абиотическим факторам окружающей среды. Владивосток: Примполиграфкомбинат, 2004. 167 с.
26. Терехова В. Е., Карпенко А. А., Айздайчер Н. А., Бузолева Л. С. Взаимодействие бактерий вида *Listeria monocytogenes* с бентосной диатомеей *Navicula sp.* // Известия ТИНРО. 2012. Т. 170. С. 192–201.
27. Терехова В. Е., Бузолева Л. С. Выживаемость и адаптивная изменчивость штаммов *Listeria monocytogenes* в морской и речной воде // Ветеринарная патология. 2004. № 4. С. 31–35.
28. Терентьева Н. А., Тимченко Н. Ф., Балабанова Л. А., Рассказов В. А. Характеристика образования, ингибирования и разрушения биопленок *Yersinia pseudotuberculosis*, формирующихся на абиотических поверхностях // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. 2015. № 3. С. 72–78.
29. Тимченко Н. Ф., Персиянова Е. В. Роль растений в экологии *Yersinia pseudotuberculosis* // Фундаментальные исследования. 2013. № 6-6. С. 1442–1447.
30. Харченко У. В., Беленева И. А., Карпов В. А., Резник Е. П. Микробиологическая активность сообществ обрастания как индикатор биокоррозионной агрессивности морской воды // Коррозия: материалы, защита. 2009. № 9. С. 42–46.
31. Хассон Аль-Асбаху Надия. Гетерогенность популяций *Listeria monocytogenes* по идентификационным признакам в окружающей среде и рыбных продуктах: дис. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург, 2003. 141 с.
32. Цветкова Н. Б., Бузолева Л. С. Влияние условий хранения на изменение биологических свойств *Listeria monocytogenes*, контаминирующих пищевые продукты // Тихоокеанский медицинский журнал. 2010. № 4. С. 30–33.
33. Beleneva I. A. Incidence and characteristics of *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes* from the Japan and South China seas // Mar Pollut Bull. 2011. Vol. 62 (2). P. 382–411.
34. Boum'handi N., Jacquet C. E., Marrakchi A., Martin P. Phenotypic and molecular characterization of *Listeria monocytogenes* strains isolated from a marine environment in Morocco // Foodborne Pathog Dis. 2007. Vol. 4 (4). P. 409–417.
35. Chen J., Chen Q., Jiang J., Hu H., Ye J., Fang W. Serovar 4b complex predominates among *Listeria monocytogenes* isolates from imported aquatic products in China // Foodborne Pathog Dis. 2010. Vol. 7 (1). P. 31–41.
36. Costerton W., Veeh R., Shirtliff M. et al. The application of biofilm science to the study and control of chronic bacterial infections // Clin. Invest. 2003. Vol. 112. P. 1466–1477.
37. Elias S., Banin E. Multi-species biofilms: living with friendly neighbors // FEMS Microbiology Reviews. 2012. Vol. 36, N 5. P. 990–1004.
38. Huq A. et al. Ecological relationships between *Vibrio cholerae* and planktonic crustacean copepods // Applied and Environmental Microbiology. 1983. Vol. 45. P. 275–283.
39. Huq A. et al. Influence of water temperature, salinity, and pH on survival and growth of toxigenic *Vibrio cholerae* serovar O1 associated with live copepods in laboratory microcosms // Applied and Environmental Microbiology. 1984. Vol. 48. P. 420–424.
40. Lennon D., Lewis B., Mantell C., et al. Epidemic perinatal listeriosis // Pediatr. Infect. Dis. 1984. N 319. P. 823–828.
41. Mohamed El-Azizi. Development of an in Vitro Novel Device that Simulates the Real Life of the Biofilm Formation on Catheters under both Static and Continuous Fluid Flow Systems // American Journal of Microbiological Research. 2015. Vol. 3, N 1. P. 25–32
42. Momtaz Hassan, Yadollahi Shole. Molecular characterization of *Listeria monocytogenes* isolated from fresh seafood samples in Iran // Diagnostic Pathology. 2013. P. 1–6.
43. Nahar S., Sultana M., Naser M. N., Nair G. B., Watanabe H., Ohnishi M., Yamamoto S., Endtz H., Cravioto A., Sack R. B., Hasan N. A., Sadique A., Huq A., Colwell R. R., Alam M. Role of shrimp chitin in the ecology of toxigenic *Vibrio cholerae* and cholera transmission // Front. Microbiol. 2012. Vol. 2. P. 1–8.
44. Nilsson L., Chen Y., Chikindas M. L., Huss H. H., Gram L. and Montville T. J. Carbon Dioxide and Nisin Act Synergistically on *Listeria monocytogenes* // Appl. Environ. Microbiol. 2000. Vol. 66 (2). P. 769–774.
45. Pruzzo C., Vezzulli L., Colwell R. R. Global impact of *Vibrio cholerae* interactions with chitin // Environ Microbiol. 2008. Vol. 10 (6). P. 1400–1410.
46. Rasch J., Krüger S., Fontvieille D., Ünal C. M., Michel R., Labrosse A., Steinert M. Legionella-protozoanematode interactions in aquatic biofilms and influence of Mip on *Caenorhabditis elegans* colonization // International Journal of Medical Microbiology. 2016. P. 13–20.
47. Riedo F. X., Pinner R. W., de Lourdes Tosca M. et al. A point-source foodborne listeriosis outbreak: documented incubation period and possible mild illness // Infect. Dis. 1994. N 170. P. 1533–1540.
48. Takahashi H., Miya S., Igarashi K., Suda T., Kuramoto S., Kimura B. Biofilm formation ability of *Listeria monocytogenes* isolates from raw ready-to-eat seafood // J. Food Prot. 2009. Vol. 72 (7). P. 1476–1480.
49. Weagant S. D., Sado P. A., Colburn K. G. et al. Incidence of *Listeria* species in frozen seafood products // J. Food Prot. 1988. N 51. P. 655–657.

References

1. Beleneva I. A., Bystrova A. N. Isolation of the pathogenic bacterium *Listeria monocytogenes* from aquatic Peter the Great Bay, Sea of Japan. *Biologiya morya* [Marine Biology]. 1997, 23 (5), pp. 293-297 [in Russia]

2. Buzoleva L. S., Li N. G., Sidorenko M. L. Interaction of saprophytic microflora with pathogens in the soil biocenoses saprozoonozov. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [Advances in current natural sciences]. 2013, 5, pp. 10-12. [in Russian]
3. Buzoleva L. S. Saprozoonoses: yesterday, today, tomorrow. *Byulleten' SO RAMN* [Bulletin of the East Siberian Scientific Center of the Academy of Medical Science]. 2011, 4, pp. 64-72. Available at: <http://elibrary.ru/item.asp?id=16655005> (accessed: 11.04.2016)
4. Bogatyrenko E. A. Buzoleva L. S., Berdasova A. S. The ability of *Listeria Monocytogenes* to form biofilm in a consortium with saprophytic bacteria. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2014, 6. Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=16467> (accessed: 23.03.2016)
5. Gorobec O. B., Blinkova L. P., Batur A. P. Influence of algae on the viability of microorganisms in natural and artificial habitats. *Zhurnal mikrobiologii* [Microbiology]. 2001, 1, pp. 104-108. [in Russian]
6. Dimitrieva E. Yu. Vibriony morskikh akvariumov, opasnye dlya lyudei [Vibrio marine aquariums, dangerous for people]. In: *Problemy akvakul'tury. Materialy Mezhdunarodnykh nauchno-prakticheskikh konferentsii po akvariologii, Moskva, 2007* [Problem of aquaculture. Proceedings of International scientific-practical Conferences on aquariologia Moscow, 2007], vyp. II. Available at: <http://aqualogo.ru/book2007-17> (accessed: 20.05.2016)
7. Zuev V. S. Saprophytism of pathogenic bacteria. *Veterinarnaya patologiya* [Veterinary pathology]. 2004, 4, pp. 11-16. [in Russian]
8. Krasnova E. B., Mosolova T. V., Yur'eva N. A. Microbiological monitoring of contamination of food products *Listeria monocytogenes* in Vladivostok. *Zdorov'e. Meditsinskaya ekologiya. Nauka* [Health. Medical ecology. Science]. 2010, (41-42), 1-2, pp. 139-141. [in Russian]
9. Krivosheeva A. M., Buzoleva L. S., Aizdaicher N. A. Biological effects exometabolites marine microalgae *Phaeodactylum tricornutum* on the reproduction of *Staphylococcus Aureus* and *Salmonella Typhimurium*. *Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya* [International Journal of Experimental Education]. 2013, 10-2, pp. 283-287. [in Russian]
10. Kuznetsov V. G., Lazhentseva L. Yu., Eliseikina M. G., Shul'gina L. V., Timchenko N. F. Distribution of bacteria of the genus *Yersinia* in sea water and aquatic organisms (review). *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii* [Journal of Microbiology Epidemiology and Immunobiology]. 2006, 53, pp. 117-120. [in Russian]
11. Kulikalova E. S., Urbanovich L. Ya., Markov E. Yu., Vishniakov V. S., Mironova L. V., Balahonov S. V., Shkaruba T. T. Contact cholera with aquatic organisms and its importance in the epidemiology of cholera. *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika* [Epidemiology & Vaccinal Prevention]. 2014, 4 (77), pp. 19-25. [in Russian]
12. Lazhentseva L. Yu. Prevalence of halophilic vibrios in marine fishing sites and products from them (Review). *Issledovaniya vodnykh biologicheskikh resursov Kamchatki i severo-zapadnoi chasti Tikhogo okeana* [Studies of water biological resources of Kamchatka and the North-West Pacific]. 2012, 26-1, pp. 33-51. [in Russian]
13. Litvin V. Yu., Somov G. P., Pushkareva V. I. Saprozooses as a natural focal disease. *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika* [Epidemiology & Vaccinal Prevention]. 2010, 1, pp. 10-16. [in Russian]
14. Litvinenko Z. N. *Vliyanie organicheskikh veshchestv na formirovaniye bioplenok v vodnykh ekosistemakh. Avtoref. kand. dis.* [Influence of organic materials on the formation of biofilms in aquatic ecosystems. Author's Abstract of Cand. Diss.]. Khabarovsk, 2015, 23 p.
15. Mamontov L. M., Avdeev V. V., Markov A. V. Monitoring the microbial communities of aquatic ecosystems. *Gigiya i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2001, 2, pp. 33-35. [in Russian]
16. Onishhenko G. G. The impact of the environment on human health. Unsolved problems. *Gigiya i sanitariya* [Hygiene and Sanitation]. 2003, 1, pp. 3-10. [in Russian]
17. Parfenova V. V., Mal'nik V. V., Boiko S. M., Sheveleva N. G., Logacheva N. F., Evstigneeva T. D., Sutturin A. N., Timoshkin O. A. Communities of aquatic organisms that develop at the interface: the water rocks in Lake Baikal. *Ekologiya* [Ecology]. 2008, 3, pp. 211-216. [in Russian]
18. Persiyanova E. V. *Kharakteristika vzaimootnoshenii Yersinia pseudotuberculosis s rastitel'nymi kletkami. Avtoref. kand. dis.* [Characteristics of *Yersinia pseudotuberculosis* relationship with plant cells. Author's Abstract of Cand. Diss.]. Vladivostok, 2008, 22 p.
19. Pozdeev O. K. *Meditsinskaya mikrobiologiya* [Medical microbiology]. Ed. V. I. Pokrovskii. Moscow, 2001, 765 p.
20. Pushkareva V. I., Didenko L. V., Godova G. V. *Listeria monocytogenes* - interaction with agro cultures and stages of biofilm formation. *Epidemiologiya i vaktsinoprofilaktika* [Epidemiology & Vaccinal Prevention]. 2013, 1, pp. 42-49. [in Russian]
21. Pushkareva V. I., Ermolaeva S. A., Litvin V. Yu. Aquatic organisms as a reservoir hosts of bacterial pathogens saprozooses. *Zoologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Zoology]. 2010, 1, pp. 37-47. [in Russian]
22. Pushkareva V. I., Litvin V. Yu., Troitskaya V. V. *Listeria* in plants: an experimental study of colonization, the number and variability. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii* [Journal of Microbiology Epidemiology and Immunobiology]. 1996, 5, pp. 10-12. [in Russian]
23. Romanova Yu. M., Gintsburg A. L. Bacterial biofilms as a natural form of existence of bacteria in the environment and the host organism. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii* [Journal of Microbiology Epidemiology and Immunobiology]. 2011, 3, pp. 99-109. [in Russian]
24. Ryapis L. A. Biomolecular polypathogenic saprophytes (for example, *Pseudomonas* and *Burkholderia*). *Veterinarnaya patologiya* [Veterinary pathology]. 2004, 4, pp. 6-11. [in Russian]
25. Somov G. P., Buzoleva L. S. *Adaptatsiya patogennykh bakterii k abioticheskim faktoram okruzhayushchei sredy* [Adaptation of pathogenic bacteria to abiotic environmental factors]. Vladivostok, Primpoligrafkombinat, 2004, 167 p.
26. Terehova V. E., Karpenko A. A., Aizdaicher N. A., Buzoleva L. S. The interaction of bacteria species *Listeria monocytogenes* benthic diatoms *Navicula* sp. *Izvestiya TINRO*. 2012, 170, pp. 192-201. [in Russian]
27. Terehova V. E., Buzoleva L. S. The survival and adaptive variability of strains of *Listeria Monocytogenes* in sea and river water. *Veterinarnaya patologiya* [Veterinary pathology]. 2004, 4, pp. 31-35. [in Russian]
28. Terent'eva N. A., Timchenko N. F., Balabanova L. A., Rasskazov V. A. Characteristics of Education, and inhibiting destruction of biofilms *Yersinia Pseudotuberculosis*, formed on abiotic surfaces. *Zhurnal Mikrobiologii, Epidemiologii i Immunobiologii* [Journal of Microbiology Epidemiology and

Immunobiology]. 2015, 3, pp. 72-78. [in Russian]

29. Timchenko N. F., Persiyanova E. V. The role of plants in the ecology of *Yersinia pseudotuberculosis*. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research]. 2013, 6-6, pp. 1442-1447. [in Russian]

30. Harchenko U. V., Beleneva I. A., Karpov V. A., Reznik E. P. Microbiological Activity fouling communities as an indicator of the aggressiveness of sea water biocorrosion. *Korroziya: Materialy, Zashchita*. 2009, 9, pp. 42-46. [in Russian]

31. Hasson Al'-Asbahi Nadiya. *Geterogenost' populyatsii Listeria monocytogenes po identifikatsionnym priznakam v okruzhayushchei srede i rybnykh produktakh*. *Kand. dis.* [Heterogeneity of populations *Listeria monocytogenes* on identification signs in environment and fish products. *Cand. Diss.*]. Saint Petersburg, 2003, 141 p.

32. Cvetkova N. B., Buzoleva L. S. Influence of storage conditions on the change in the biological properties of *Listeria monocytogenes*, contaminating foodstuffs. *Tikhookeanskii meditsinskii zhurnal* [Pacific Medical Journal]. 2010, 4, pp. 30-33. [in Russian]

33. Beleneva I. A. Incidence and characteristics of *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes* from the Japan and South China seas. *Mar Pollut Bull*. 2011 Feb, 62 (2), pp. 382.

34. Boum'handi N., Jacquet C. E., Marrakchi A., Martin P. Phenotypic and molecular characterization of *Listeria monocytogenes* strains isolated from a marine environment in Morocco. *Foodborne Pathog Dis*. 2007 Winter, 4 (4), pp. 409-17.

35. Chen J., Chen Q., Jiang J., Hu H., Ye J., Fang W. Serovar 4b complex predominates among *Listeria monocytogenes* isolates from imported aquatic products in China. *Foodborne Pathog Dis*. 2010 Jan, 7 (1), pp. 31-41.

36. Costerton W., Veeh R, Shirtliff M et al. The application of biofilm science to the study and control of chronic bacterial infections. *Clin. Invest*. 2003, 112, pp. 1466-77.

37. Elias S., Banin E. Multi-species biofilms: living with friendly neighbors. *FEMS Microbiology Reviews*. 2012, 36 (5), pp. 990-1004.

38. Huq A. et al. (1983). Ecological relationships between *Vibrio cholera* and plank-tonic crustacean copepods. *Applied and Environmental Microbiology*, 45, pp. 275-283.

39. Huq A. et al. (1984). Influence of water temperature, salinity, and pH on survival and growth of toxigenic *Vibrio cholera* serovar O1 associated with live copepods in laboratory microcosms. *Applied and Environmental Microbiology*, 48, pp. 420-424.

40. Lennon D., Lewis V., Mantell C., et al. Epidemic

perinatal listeriosis. *Pediatr. Infect. Dis*. 1984, 319, pp. 823-828.

41. Mohamed El-Azizi. Development of an in Vitro Novel Device that Simulates the Real Life of the Biofilm Formation on Catheters under both Static and Continuous Fluid Flow Systems. *American Journal of Microbiological Research*. 2015, 3 (1), pp. 25-32.

42. Momtaz Hassan, Yadollahi Shole. Molecular characterization of *Listeria monocytogenes* isolated from fresh seafood samples in Iran. *Diagnostic Pathology*. 2013, pp. 1-6.

43. Nahar S., Sultana M., Naser M. N., Nair G. B., Watanabe H., Ohnishi M., Yamamoto S., Endtz H., Cravioto A., Sack R. B., Hasan N. A., Sadique A., Huq A., Colwell R. R., Alam M. Role of shrimp chitin in the ecology of toxigenic *Vibrio cholerae* and cholera transmission. *Front. Microbiol*. 2012, 2, pp. 1-8.

44. Nilsson L., Chen Y., Chikindas M. L., Huss H. H., Gram L. and Montville T. J. (2000). Carbon Dioxide and Nisin Act Synergistically on *Listeria monocytogenes*. *Appl. Environ. Microbiol*. 66 (2), pp. 769-74.

45. Pruzzo C., Vezzulli L., Colwell R. R. Global impact of *Vibrio cholerae* interactions with chitin. *Environ Microbiol*. 2008 Jun, 10 (6), p. 1400-1410.

46. Rasch J., Krüger S., Fontvieille D., Ünal C. M., Michel R., Labrosse A., Steinert M. *Legionella*-protozoanematode interactions in aquatic biofilms and influence of *Mip* on *Caenorhabditis elegans* colonization. *International Journal of Medical Microbiology*. 2016, pp. 13-20.

47. Riedo F. X., Pinner R. W., de Lourdes Tosca M. et al. A point-source foodborne listeriosis outbreak: documented incubation period and possible mild illness. *Infect. Dis*. 1994, 170, pp. 1533-1540.

48. Takahashi H., Miya S., Igarashi K., Suda T., Kuramoto S, Kimura B. Biofilm formation ability of *Listeria monocytogenes* isolates from raw ready-to-eat seafood. *J Food Prot*. 2009 Jul, 72 (7), pp. 1476-80.

49. Weagant S. D., Sado P. A., Colburn K. G. et al. Incidence of *Listeria* species in frozen seafood products. *J. Food Prot*. 1988, 51, pp. 655-657.

Контактная информация:

Еськова Алёна Игоревна — младший научный сотрудник лаборатории патогенных бактерий ФГБНУ «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г. П. Сомова»

Адрес: 690087, г. Владивосток, ул. Пограничная, д. 26
E-mail: alena-esya@mail.ru