

УДК 579.6:594 УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ГИДРОБИОНТОВ

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ САПРОТРОФНОЙ
МИКРОБИОТЫ ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА
MIZUHOPECTEN YESSOENSIS (JAY, 1857)
(MOLLUSCA: BIVALVIA) ИЗ ЛАГУНЫ БУССЕ
(ЮЖНЫЙ САХАЛИН)**

**А. В. Полтева (poltevaav@sakhniro.vniro.ru),
Е. В. Галанина**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии» (ФГБНУ «ВНИРО»)

Сахалинский филиал («СахНИРО»)
Россия, г. Южно-Сахалинск, 693023, ул. Комсомольская, 196

Полтева А. В., Галанина Е. В. Результаты изучения сапротрофной микробиоты приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1857) (Mollusca: Bivalvia) из лагуны Буссе (южный Сахалин) // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Труды «СахНИРО». – Южно-Сахалинск : «СахНИРО», 2023. – Т. 19, ч. I. – С. 281–294.

Представлены результаты исследований сапротрофной микробиоты, выделенной из органов, тканей и мантийной (полостной) жидкости приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* лагуны Буссе. Исследования проводились с мая по сентябрь 2011–2013 гг. Выделенная сапротрофная микробиота моллюсков была представлена 34 видами бактерий из 18 родов, входящих в 16 семейств. Выявлено видовое разнообразие вибрионов и псевдомонад. К ежегодно выделяемым от гребешка видам относились *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio vulnificus*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Moraxella* sp., *Comamonas testosteroni*, *Brevundimonas diminuta*, *Brevundimonas vesicularis*, *Bacillus* sp.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: о. Сахалин, лаг. Буссе, приморский гребешок *Mizuhopecten yessoensis*, бактерии, р. *Vibrio*.

Табл. – 2, ил. – 1, библиогр. – 63.

Polteva A. V., Galanina E. V. Results of the study of the saprotrophic microbiota of the seaside scallop *Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1857) (Mollusca: Bivalvia) from the Busse Lagoon (southern Sakhalin) // Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas : Transactions of the “SakhNIRO”. – Yuzhno-Sakhalinsk : “SakhNIRO”, 2023. – Vol. 19, part I. – P. 281–294.

The results of studies of saprotrophic microbiota isolated from organs, tissues and mantle (cavity) fluid of the seaside scallop *Mizuhopecten yessoensis* of the Busse Lagoon are presented. The studies were conducted from May to September 2011–2013. The isolated saprotrophic microbiota of mollusks was represented by 34 bacterial species from 18 genera belonging to 16 families. The species diversity of vibriions and pseudomonads was revealed. The species isolated annually from the scallop included *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio vulnificus*,

Vibrio parahaemolyticus, *Moraxella* sp., *Comamonas testosteroni*, *Brevundimonas diminuta*, *Brevundimonas vesicularis*, *Bacillus* sp.

KEYWORDS: Sakhalin Island, lag. Busse, scallop *Mizuhopecten yessoensis*, bacteria, genus *Vibrio*.

Tabl. – 2, fig. – 1, ref. – 63.

ВВЕДЕНИЕ

Лагуна Буссе это – типичная средняя по размерам, с общей площадью 43 км² лагуна, расположенная на западном побережье Тонино-Анивского полуострова о. Сахалин. Глубина лагуны постепенно увеличивается от береговой зоны к центральной части, максимальная глубина составляет 5 м. От залива Анива водоем отделен узкой длинной песчаной косой. Лагуна соединена с заливом протокой Сулова, через которую происходит поступление морских вод (Бровко и др., 2002).

В лагуне Буссе самое высокое среди лагунных водоемов Сахалина разнообразие беспозвоночных – более 237 видов (Лабай, 2015), среди которых выделяются промысловые виды: травяной чилим *Pandalus latirostris*, приморский гребешок *Mizuhopecten yessoensis*, промежуточный морской еж *Strongylocentrotus intermedius*, дальневосточный трепанг *Apostichopus japonicus*, кукумария японская *Cucumaria japonica*, рудитапес *Ruditapes philippinarum*, устрица гигантская *Crassostrea gigas*, мидия Грея *Crenomytilus grayanus* и другие виды. Большинство из названных гидробионтов отличаются высокой биопродуктивностью. В их числе приморский гребешок, который отнесен к объектам, интенсивно воспроизводимым в лагуне.

Проведенные экспериментальные работы в области марикультуры показали, что в лагуне существуют оптимальные условия для начальных этапов разведения приморского гребешка и получения посадочного материала (Чернышова, Прохорова, 2018). В перспективе этот водоем можно рассматривать в качестве природной «фермы» по разведению молоди гребешка.

Опыт разведения гидробионтов в хозяйствах марикультуры разных стран, а также на побережье Черного моря и в Приморском крае показал, что основными биологическими факторами, оказывающими значительное влияние на выращивание моллюсков, являются, как правило, бактерии, вирусы и простейшие, провоцирующие болезни и массовую гибель разводимых объектов (Castro et al., 2002; Liu et al., 2013; Мальцев, 2019; Гаврилова и др., 2021). За последнее десятилетие аквакультура моллюсков сильно пострадала от повторяющихся эпизодов бактериальных заболеваний по всему миру (Romalde et al., 2013; Cheikh et al., 2016).

Определить состав сапротрофной микробиоты, ассоциированной с органами и тканями моллюсков, выявить присутствие патогенных и условно-патогенных бактерий, а также оценить потенциальный риск развития бактериальных заболеваний при возможном разведении гребешка в лагуне были основными задачами исследований, результаты которых приводятся в настоящей публикации.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Микробиологические исследования приморского гребешка (*M. yessoensis*) в лагуне Буссе проводились с мая по сентябрь 2011–2013 гг. Сбор моллюсков для исследований осуществляли на участке в районе проток водолазным способом на глубине 3–5 м. Район отбора указан на **рисунке**.

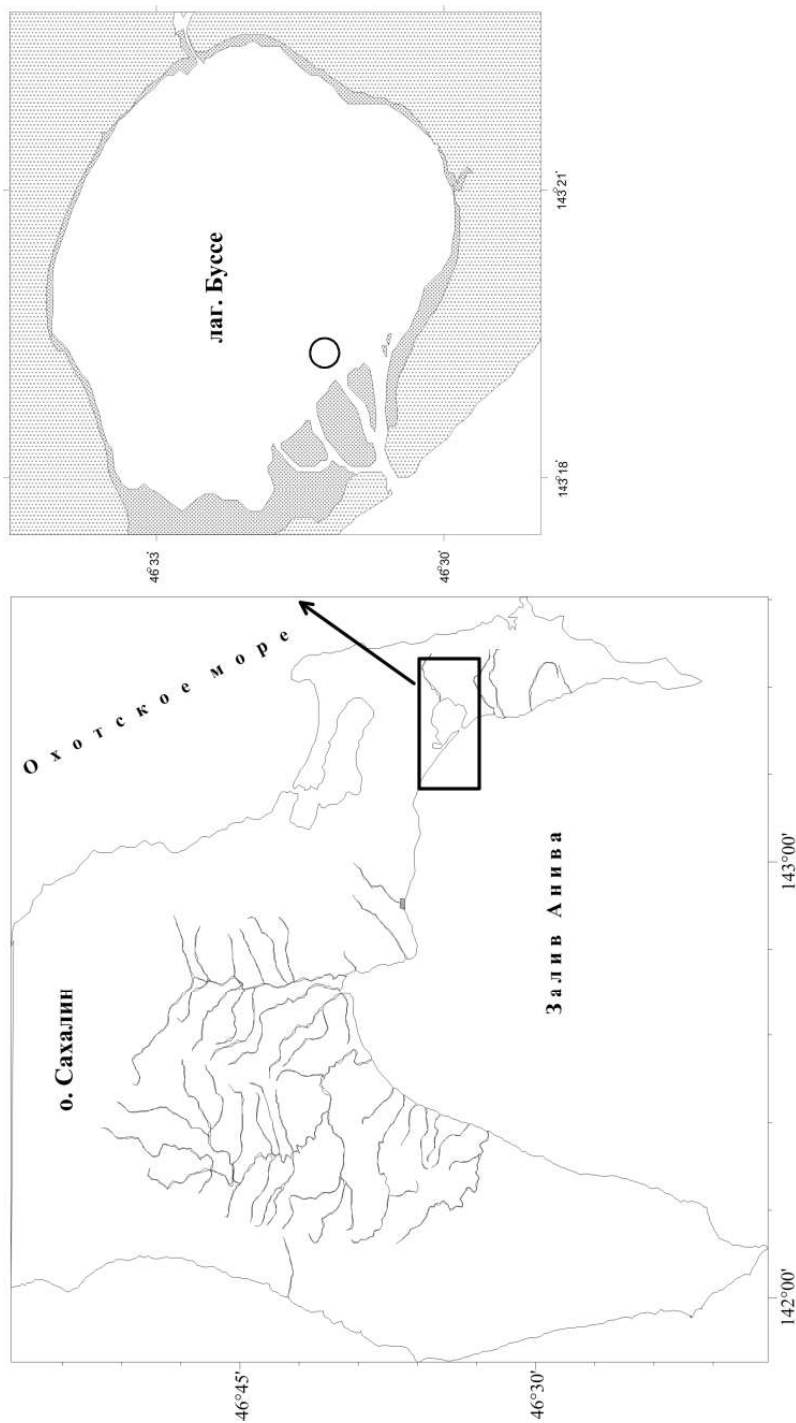


Рис. Район отбора проб приморского гребешка в 2011–2013 гг.
Fig. The sampling area of *M. yessoensis* in 2011–2013

Собранных моллюсков доставляли в лабораторию в живом виде в термоконтейнерах с охлаждением. Всего было исследовано 86 экз. Вес исследованных моллюсков варьировался от 34 до 595 г, при среднем 314 г.

Бактериологическому исследованию у моллюсков подвергались: мускул-аддуктор, печень (пищеварительная железа), жабры и мантийная (полостная) жидкость. Посевы тканей и органов моллюсков выполнялись от каждой особи отдельно на ГРМ-агар, который был приготовлен на воде из лагуны. Из органов, тканей и полостной жидкости было выделено и протестировано 122 культуры бактерий. Подробная методика проведения бактериологических исследований описана в статье (Полтева, Галанина, 2022).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из литературных источников известно, что с тканями и органами водных беспозвоночных ассоциированы разнообразные микроорганизмы, которые играют жизненно важную роль в выживании, гомеостазе и развитии хозяев (McFall-Ngai et al., 2013; Thaiss et al., 2016; Wang, Jia, 2016). По результатам исследований органов, тканей и мантийной жидкости моллюсков были выделены 34 вида бактерий, которые относились к 18 родам из 16 семейств (табл. 1). Контаминировали внутренние органы моллюска факультативно-анаэробные и аэробные грамотрицательные сапротрофные микроорганизмы из родов: *Vibrio*, *Photobacterium*, *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Pasteurella*, *Comamonas*, *Delftia*, *Brevundimonas*, *Methylobacterium*, *Shewanella*, *Burkholderia*, *Proteus*, *Serratia*, *Ochrobacterium*, *Alcaligenes*, *Chryseobacterium*. Из грамположительных микроорганизмов были обнаружены бактерии р. *Bacillus*.

Два рода – *Vibrio* и *Pseudomonas*, доминировали по числу видов. Псевдомонады и вибрионы широко распространены в морской воде, грунте, ассоциированы с морскими беспозвоночными, рыбами, водорослями. Как правило, это автохтонные для водных объектов микроорганизмы, среди которых встречаются как условно-патогенные, так и патогенные виды (Лаженцева, 2012; Kijewska et al., 2023).

Среди вибрионов, выделенных из органов и тканей моллюска в 2011–2013 гг., большая часть видов относится к оппортунистическим патогенам, которые способны вызывать заболевания как гидробионтов (Baker-Austin et al., 2008; Безгачина, 2008; Дрошнев и др., 2017; Droshnev et al., 2019), так и человека (Klontz et al., 1988; Strom, Paranjpye, 2000; Oliver, 2005; Heng Sing-Peng et al., 2017).

В отличие от вибрионов большинство обнаруженных у моллюсков псевдомонад не представляют опасности для гидробионтов. Лишь два вида *P. fluorescens* и *P. putida* известны как возбудители заболеваний у разных видов морских и пресных рыб.

К ежегодно выделяемым от гребешка видам относились *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio vulnificus*, *Vibrio parahaemolyticus* и непатогенные *Moraxella* sp., *Comamonas testosteroni*, *Brevundimonas diminuta*, *Brevundimonas vesicularis*, *Bacillus* sp.

В 2011 г. наряду с ежегодно встречаемыми видами из полостной жидкости моллюска были выделены бактерии из р. *Pasteurella*. Представители этого рода описаны в литературе как возбудители заболеваний крупного рогатого скота, птиц, человека (Лаишевцев и др., 2017), обнаружены у большого атланти-

ческого лосося на фермах в Шотландии (Birkbeck et al., 2002; Reid, Birkbeck, 2015). Из деликатесной части гребешка (мускула) в июле–августе были выделены бактерии *V. vesicularis*, в сентябре – *V. vulnificus*, *Moraxella* sp.

Бактерия *V. vulnificus* – представитель естественной флоры прибрежных морских вод разных широт. Неоднократно была обнаружена в воде, донных отложениях, различных морепродуктах, включая креветок, рыбу, устрицы и моллюсков (DePaola et al., 1994; Hoi et al., 1998; Baffone et al., 2006; Mahmud et al., 2008; Tsao et al., 2013). При неблагоприятных условиях может вызывать гибель культивируемых креветок (Austin, Austin, 1999; Valente, Wan, 2021). В качестве возбудителя была выделена у теляпий в Японии (Sakata, Hattori, 1988) и угрей в Европе (Amaro, Biosca, 1996).

Разнообразие вибриофлоры – девять видов в составе выделенной микробиоты зафиксировано в 2012 г. (табл. 2). Среди них восемь видов могут вызывать заболевания у гидробионтов (Heng et al., 2017; Droshnev et al., 2019). Чаще вибрионы встречались в полостной жидкости моллюсков, но в июле два вида *Vibrio anguillarum*, *Vibrio ordalii* были выделены из мускула моллюска, не имевшего патологических изменений со стороны внутренних органов. В посевах из мускула вибрионы росли единично в поликультуре с бактериями из рр. *Moraxella*, *Methylobacterium*, *Ochrobactrum*.

V. anguillarum известен как возбудитель вибриоза у гидробионтов в морской и пресной воде (Дрошнев и др., 2017). Заболевание отмечено у рыб, моллюсков, ракообразных в России и за рубежом. Возбудитель вибриоза был выделен и идентифицирован в 2001 г. от радужной форели, культивируемой в садках в Белом море в форелевом хозяйстве Республики Карелия (Безгачина, Козицкий, 2002; Безгачина, Зуевский, 2003). На Камчатке в 1993–1999 гг. впервые был обнаружен вибриоз дикой горбуши в прибрежных водах Карагинского залива (Пугаева и др., 2000). В 2007 г. он был отмечен у дикой горбуши как в Карагинском заливе, так и в северо-западной части Тихого океана (Сергеенко и др., 2008).

Согласно данным литературы, *V. anguillarum* выделялся из мидий *Mytilus galloprovincialis* и *Mytilus edulis* из Черного и Белого морей (Безгачина, 2005; Безгачина, 2008; Безгачина, 2012), что обусловлено присутствием описываемых вибрионов в прибрежных морских водах – местах обитания моллюсков (Безгачина, Козицкий, 2001; Безгачина, Козицкий, 2002; Безгачина, Зуевский, 2003; Безгачина, 2005; Безгачина, 2008).

V. ordalii описан главным образом как патоген, вызывающий вибриоз у лососевых видов рыб. Ранее был известен как *V. anguillarum* биотип 2.

В качестве возбудителя бактериальной геморрагической септицемии был выявлен у морских рыб в Японии, Австралии и на тихоокеанском северо-западном побережье США (Suresh et al., 2022). В начале 2000-х гг. в южной части Чили *V. ordalii* вызывал смертность у культивируемого атлантического лосося, тихоокеанского лосося и радужной форели (Silva-Rubio et al., 2008). Патоген также был обнаружен у других видов рыб – таких, как айю (*Plecoglossus altivelis*) и рокфиш (*Sebastes schlegeli*) в Японии и у золотоголового морского леща (*Sparus aurata*) в Средиземноморском регионе (Akayli et al., 2010).

Таблица 1

Таксономический состав бактерий, выделенных в ходе исследований приморского гребешка *M. yessoensis* из лаг. Буссе в 2011–2013 гг.

Table 1

Taxonomic composition of bacteria isolated during studies of the seaside scallop *M. yessoensis* from the Busse Lagoon in 2011–2013

Таксон		Год, месяц исследований											
		2011			2012			2013					
		06	07	08	09	06	07	08	09	05	06	07	09
Vibrionaceae	род	вид											
		<i>Vibrio alginolyticus</i>											
		<i>Vibrio anguillarum</i>											
		<i>Vibrio harvey</i>											
		<i>Vibrio mimicus</i>											
		<i>Vibrio nereis</i>											
		<i>Vibrio vulnificus</i>											
		<i>Vibrio ordalii</i>											
		<i>Vibrio parahaemolyticus</i>											
		<i>Vibrio pelagius</i> biov. 2											
Aeromonadaceae	<i>Photobacterium</i>												
	<i>Aeromonas</i>												
		<i>Aeromonas hydrophila</i>											
		<i>Pseudomonas borbori</i>											
Pseudomonadaceae		<i>Pseudomonas duriflava</i>											
		<i>Pseudomonas peli</i>											
		<i>Pseudomonas alcaligenes</i>											
		<i>Pseudomonas putida</i>											
		<i>Pseudomonas fluorescens</i>											
		<i>Pseudomonas marincola</i>											
Moraxellaceae	<i>Moraxella</i>												
Pasteurellaceae		<i>Pasteurella</i> sp. 1											
		<i>Pasteurella</i> sp. 2											

семейство		род		вид		Год, месяц исследований													
						2011			2012			2013							
						06	07	08	09	06	07	08	09	05	06	07	09		
Comamonadaceae	<i>Comamonas</i>																		
	<i>Delftia</i>																		
Caulobacteraceae	<i>Brevundimonas</i>																		
	<i>Brevundimonas vesicularis</i>																		
Methylobacteriaceae	<i>Methylobacterium</i>																		
Shewanellaceae	<i>Shewanella</i>																		
	<i>Burkholderia</i>																		
Morganellaceae	<i>Proteus</i>																		
	<i>Serratia</i>																		
Brucellaceae	<i>Ochrobacterium</i>																		
	<i>Alcaligenes</i>																		
Weeksellaceae	<i>Chryseobacterium</i>																		
	<i>Bacillus</i>																		
Vacillaceae	<i>Bacillus</i>																		

Примечание: «+» – обнаружен.

Таблица 2

**Межгодовые различия в составе сапротрофной микробиоты,
выделенной от приморского гребешка *M. yessoensis* из лаг. Буссе**

Table 2

**Interannual differences in the composition of saprotrophic microbiota isolated
from the seaside scallop *M. yessoensis* from the Busse Lagoon**

№ п/п.	Вид бактерий	Обнаружение бактерий в органах											
		2011 г.				2012 г.				2013 г.			
		пч	ж	м	пж	пч	ж	м	пж	пч	ж	м	пж
1.	<i>V. alginolyticus</i>		+		+	+				+			
2.	<i>V. anguillarum</i>							+					
3.	<i>V. harvey</i>					+							
4.	<i>V. mimicus</i>						+			+			
5.	<i>V. nereis</i>								+				
6.	<i>V. vulnificus</i>		+	+			+			+			
7.	<i>V. ordalii</i>							+					
8.	<i>V. parahaemolyticus</i>				+				+	+			
9.	<i>V. pelagius</i> biov. 2								+				
10.	<i>Photobacterium</i> sp.												+
11.	<i>A. hydrophila</i>		+		+		+		+				
12.	<i>P. alcaligenes</i>												+
13.	<i>P. borbori</i>						+		+				
14.	<i>P. duriflava</i>					+							
15.	<i>P. fluorescens</i>									+			
16.	<i>P. marincola</i>								+				
17.	<i>P. peli</i>						+		+				
18.	<i>P. putida</i>									+	+		
19.	<i>Moraxella</i> sp.			+	+			+		+			
20.	<i>Pasteurella</i> sp. 1				+								
21.	<i>Pasteurella</i> sp. 2				+								
22.	<i>C. testosteroni</i>				+		+		+	+			
23.	<i>D. acidovorans</i> (syn. <i>Comamonas/Pseudomonas</i>)								+				
24.	<i>B. diminuta</i>		+		+		+		+		+		
25.	<i>B. vesicularis</i>			+	+								+
26.	<i>M. mesophilicum</i>				+			+					
27.	<i>S. putrefaciens</i>				+								
28.	<i>B. cepacia</i>									+			
29.	<i>P. vulgaris</i>												+
30.	<i>S. liquefaciens</i>												+
31.	<i>Ochrobactrum</i> sp.							+		+			
32.	<i>Alcaligenes</i> sp.									+			
33.	<i>C. indologenes</i>									+			
34.	<i>Bacillus</i> sp.				+				+				+

Примечание: пч – печень, ж – жабры, м – мускул, пж – полостная жидкость, «+» – обнаружено.

Еще один вид вибрионов *Vibrio mimicus* был выделен из печени и полостной жидкости моллюсков в 2012 и 2013 гг. Этот вид встречается в морской, пресной и солоноватой воде. Обнаруживается в виде свободноживущих бак-

терий, а также в ассоциации с зоопланктоном, ракообразными, моллюсками-фильтраторами и рыбами (Guardiola-Avila et al., 2016). *V. mimicus* признан этиологическим агентом болезни «красного тела» у восточной речной креветки (*Macrobrachium nipponense*), который наносит значительный экономический ущерб (Jiang et al., 2022).

Изолированный в 2012 г. из полостной жидкости *Vibrio nereis* – это единственный представитель рода *Vibrio* из числа выделенных за период исследований, который не упоминается в литературе как возбудитель болезней гидробионтов и человека.

Отличительной чертой видового состава бактерий моллюска в 2013 г. было разнообразие неферментирующих микроорганизмов (шесть видов) и наличие энтеробактерий, представленных двумя родами *Serratia* и *Proteus* (см. табл. 1). Оба рода включены в группу санитарно значимых микроорганизмов (Пивоваров, Королик, 2000), обнаруживаются в воде, почве, пищевых продуктах.

Бактерия *Serratia liquefaciens* была выделена из полостной жидкости гребешка в мае 2013 г. В литературе описаны случаи заболевания атлантического лосося, семги в Шотландии, смертность в лососевых хозяйствах Австралии, вызванного *S. liquefaciens* (Llewellyn, 1980; Mcintosh, Austin, 2006). Отмечены случаи заболевания тюрбо (*Scophthalmus maximus*) при выращивании в садках во Франции (Vigneulle, Laurencin, 1995).

P. vulgaris был выделен из полостной жидкости гребешка в июле 2013 г. В дальневосточных морях частота выделения протеев из гидробионтов не превышает $5 \pm 0,6\%$, а степень обсеменения составляет не более $1,4 \times 10^2 \pm 0,2 \times 10^2$ кл./г. Протеи относятся к группе основных гнилостных микроорганизмов, что обусловлено присутствием в клетках активных протеолитических ферментов, которые обеспечивают разложение практически всех органических субстратов в природе и в живых организмах (Лажнецова, 2012а).

Группа неферментирующих микроорганизмов, обнаруженных в 2013 г., включала три вида псевдомонад, а также виды *B. diminuta*, *B. cepacia*, *S.* (см. табл. 1). Выделялись бактерии из полостной жидкости и пищеварительной железы. В литературе описаны случаи заболеваний рыб и беспозвоночных при ухудшении условий содержания с выделением бактерий р. *Pseudomonas*, в различных ассоциациях с аэромонадами, вибрионами и энтеробактериями. Исследователями сделан вывод, что псевдомонады чаще всего играют роль секундарной инфекции при нарушении условий содержания или ухудшении экологической обстановки в местах обитания гидробионтов (Wood et al., 1995).

Согласно данным литературы, к основным видам возбудителей бактериальных инфекционных заболеваний моллюсков, в том числе приморского гребешка, относятся бактерии из р. *Vibrio* (Thompson et al., 2004; Liu et al., 2015; Гаврилова и др., 2021).

Выше упомянуто о ежегодном выделении из полостной жидкости и печени моллюска вибрионов *V. alginolyticus*, *V. vulnificus*, *V. parahaemolyticus*. Первые два вида относят к основным патогенам в аквакультуре (Thompson et al., 2004). Энтеропатогенный для человека вид *V. parahaemolyticus* может входить в состав микрофлоры, ассоциированной с внутренними органами двустворчатых моллюсков из естественных поселений, часто в количествах, значительно превышающих их содержание в окружающей среде (Mok et al., 2019; Park et al., 2019).

Упоминания о выделении вибрионов от больных двустворчатых моллюсков в литературе встречаются, как правило, при описании случаев их массовой гибели в хозяйствах марикультуры разных стран. Так, *V. parahaemolyticus* в качестве возбудителя был выделен от больных моллюсков из воды и грунта штата Северная Каролина США (Baker-Austin et al., 2008). Новый вид *Vibrio ostreicida* sp. nov. спровоцировал гибель молоди устриц на ферме в Галисии (северо-запад Испании) (Prado et al., 2014).

Инфекции, связанные с бактериями из р. *Vibrio*, были неоднократно зафиксированы на фермах по разведению приморского гребешка в Китае. Смертельное заболевание с явными поражениями мускула-аддуктора наблюдалось в течение трех лет подряд – с 2009 по 2011 г., на северо-востоке Китая (Liu et al., 2013). Гибель моллюсков вызывал вибрион *Vibrio splendidus*. Как возбудитель *V. splendidus* в ассоциации с *Vibrio tasmaniensis* был обнаружен в ходе диагностических исследований при выяснении причин высокой смертности личинок гребешка в одном из крупных хозяйств на Севере Китая (Liu et al., 2015). У гребешка из лаг. Буссе за описываемый период исследований виды *V. splendidus* и *V. tasmaniensis* выявлены не были.

Китайскими учеными был проведен сравнительный анализ микробиоты гемолимфы, кишечника, мантии и мышцы-аддуктора здоровых и больных гребешков. Результаты, полученные в ходе высокопроизводительного секвенирования области V4 гена 16S рРНК микроорганизмов, показали очевидную разницу в составе бактериальных сообществ между здоровыми и больными моллюсками. Было обнаружено, что вибрионы, а также бактерии рр. *Francisella* и *Photobacterium* чрезмерно разрастаются и доминируют в мантии, мышце и кишечнике больных морских гребешков (Yu et al., 2019). Преобладание указанных микроорганизмов в микрофлоре исследованных органов у гребешков из лагуны не было обнаружено.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом, анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о довольно разнообразном видовом составе сапротрофной микробиоты, ассоциированной с внутренними органами и тканями гребешка из лагуны, состоящей главным образом из автохтонных представителей бактериального сообщества морской воды.

Признано, что разнообразие комменсальных сообществ положительно сказывается на благополучном состоянии моллюсков. На примере устриц было показано, что снижение разнообразия бактериальных сообществ может способствовать высокому уровню смертности моллюсков (Lokmer, Wegner, 2015). Наблюдалась прямая зависимость между ассоциированной микрофлорой и состоянием культивируемых устриц: чем стабильнее и разнообразнее состав микрофлоры, тем благополучнее их состояние. Нарушение состава сообществ в результате стресса может вызывать заболевания беспозвоночных. Причиной этого могут стать колебания температуры, изменение солености, загрязнение среды (Clerissi et al., 2018).

Исследованные нами моллюски из лагуны Буссе не имели признаков бактериальных заболеваний (слабо закрытых створок, рыхлости и дряблости внутренних органов, изъязвлений и пр.). Внутренние органы соответствова-

ли анатомическому строению и физиологическому состоянию моллюска. Отсутствие внешних проявлений и патологических изменений со стороны внутренних органов у моллюсков свидетельствует о симбиотическом характере взаимодействия обнаруженных бактерий с организмом хозяина. Разнообразие состава микрофлоры и ее постоянство на уровне отдельных таксонов и видов можно связать с благополучным состоянием моллюсков в описываемый период изучения.

Ежегодное выделение вибрионов свидетельствовало о перманентном присутствии этих бактерий в среде обитания приморского гребешка, что вполне закономерно, поскольку представители р. *Vibrio* являются одними из самых распространенных в морской среде бактерий согласно анализу генов 16S рРНК (Беленева, 2020), кроме того, их присутствие, по мнению некоторых исследователей, является показателем чистоты морских вод (Мишустина и др., 1985). Однако следует отметить, что часть выявленных видов р. *Vibrio* обладают патогенным потенциалом и способны наращивать свою вирулентность при изменении условий среды, вызывая заболевания гидробионтов, в том числе приморского гребешка. В случае организации хозяйств марикультуры в акватории лагуны необходимо учитывать данные факты, проводить мониторинг воды, грунта, объектов разведения на содержание потенциально опасных возбудителей и ограничить ведение хозяйственной деятельности, способствующей загрязнению акватории в местах разведения гидробионтов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают признательность сотрудникам лаборатории аквакультуры беспозвоночных и водорослей Сахалинского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («СахНИРО»), а также советнику кандидату биологических наук Д. А. Галанину за помощь в отборе и доставке проб гребешка для исследований.

ЛИТЕРАТУРА

Безгачина Т. В., Козицкий А. Н. Идентификация возбудителя вибриоза культуры штамма *Vibrio anguillarum* в морской воде в районе Сонострова Кандалакшского залива Белого моря // Биол. основы устойчивого развития прибреж. мор. экосистем : Тез. докл. Междунар. конф. – Мурманск : РАН, Апатиты, 2001. – С. 29.

Безгачина Т. В., Козицкий А. Н. Выделение возбудителя вибриоза культуры штамма *Vibrio anguillarum* от радужной форели, культивируемой в садках в Белом море в форелевом хозяйстве Республики Карелия // Проблемы воспроизводства, кормов и борьба с болезнями рыб при выращивании в искусственных условиях : Тез. докл. науч.-практ. конф. – Петрозаводск, 2002. – С. 29.

Безгачина Т. В., Зуевский С. Е. Идентификация возбудителя вибриоза – бактерии *Vibrio anguillarum* из прибрежной воды Черного моря в районе Северного Кавказа в 2002 г. // Проблемы патологии, иммунологии и охраны здоровья рыб и других гидробионтов : Сб. тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. (16–18 июля 2003 г.). – М. : Минсельхоз РФ, Институт биологии внутр. вод, 2003. – С. 15.

Безгачина Т. В. Обнаружение возбудителя вибриоза культуры штамма *Vibrio anguillarum* от мидии *Mytilus edulis* и морской воды Белого моря в районе Соловецких островов в летний период 2004 г. // Эпизоотологический мониторинг в аквакультуре: состояние и перспективы : Расширенные материалы Всерос. науч.-практ. конф.-семинара (13–14 сент. 2005 г.). – М. : Минсельхоз РФ, ФАР, ФГУ «Межведомственная ихтиологическая комиссия», Рос. академия сельскохозяйственных наук (Отделение ветеринарной медицины, зоотехники), 2005. – С. 8–9.

- Безгачина Т. В.** Выявление возбудителя вибриоза штамма *Vibrio anguillarum* у мидий Белого моря – актуальная проблема в ихтиопатологии // Природа шельфа и архипелагов Европейской Арктики : Материалы Междунар. науч. конф., вып. 8, РАН, Кольский науч. центр, Министерство образования и науки. – М. : ГЕОС, **2008**. – С. 30–32.
- Безгачина Т. В.** Выделение возбудителя вибриоза – культуры штамма *Vibrio anguillarum* у мидий Черного моря *Mytilus galloprovincialis* на побережье Северного Кавказа в летний период 2010 г. // Материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 150-летию Н. М. Книповича. – Ростов н/Д : Изд-во ЮНЦ РАН, **2012**. – С. 63–64.
- Беленева И. А.** Вибриофлора гидробионтов и воды заливов Петра Великого (Японское море) и Нячанг (Южно-Китайское море) // Биология моря. – **2020**. – Т. 46, № 5. – С. 338–348.
- Бровко П. Ф., Микишин Ю. А., Рыбаков В. Ф. и др.** Лагуны Сахалина. – Владивосток : Дальневост. гос. ун-т, **2002**. – 80 с.
- Гаврилова Г. С., Мотора З. И., Поздняков С. Е.** Результаты исследований состояния приморского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis*) на плантациях марикультуры Приморья // Изв. ТИНРО. – **2021**. – Т. 201. – С. 895–909.
- Дрошнев А. Е., Булина К. Ю., Карпова М. А., Завьялова Е. А.** Этиологическая структура вибриоза рыб // Заметки ученого. – **2017**. – С. 31–35.
- Лабай В. С.** Видовой состав макрозообентоса лагун о. Сахалин // Изв. ТИНРО. – **2015**. – Т. 183. – С. 125–144.
- Лаженцева Л. Ю.** Распространенность галофильных вибрионов в морских промысловых объектах и продуктах из них. Обзор // Исслед. вод. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – **2012**. – Вып. 26. – С. 33–54.
- Лаженцева Л. Ю.** Влияние протеолитически активных бактерий на качество сырья из морских объектов // Техника и технология пищ. производств. – **2012а**. – № 1. – 4 с.
- Лаишевцев А. И., Капустин А. В., Пименов Н. В.** Видовая, идентификация бактерий рода *Pasteurella* на основе биохимических свойств в соответствии с современной классификацией // RJOAS (Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences). – **2017**. – 1 (61). – С. 320–328.
- Мальцев В. Н.** Болезни угрожают успешному культивированию устриц в Черном море // Сфера: Рыба. – **2019**. – № 1, вып. 2. – С. 52–55.
- Мишустина И. Е., Щеглова И. К., Мицкевич И. Н.** Морская микробиология. – Владивосток : ДВГУ, **1985**. – 184 с.
- Пивоваров Ю. П., Королик В. В.** Санитарно-значимые микроорганизмы (таксономическая характеристика и дифференциация). – М. : Изд-во ИКАР, **2000**. – 268 с.
- Полтева А. В., Галанина Е. В.** Культивируемая сапротрофная микробиота приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* (Jay, 1857) (Mollusca: Bivalvia) из зал. Анива (о. Сахалин) // Тр. «СахНИРО». – **2022**. – Т. 18. – С. 91–102.
- Пугаева В. П., Устименко Е. А, Рудакова С. Л., Сазонова А. А.** Вибриоз у дикой горбуши *Oncorhynchus gorbusha* (Walbaum) в прибрежных водах Карагинского залива // Исслед. вод. биол. ресурсов Камчатки и сев.-зап. части Тихого океана. – П-Камчат. : КамчатНИРО, **2000**. – Вып. 5. – С. 175–180.
- Сергеенко Н. В., Надеева О. А., Гаврюсева Т. В.** Санитарно-эпидемиологическое состояние популяций тихоокеанских лососей Камчатки // Совр. состояние вод. биоресурсов : Материалы Междунар. конф. 26–28 марта 2008 г. – Новосибирск : Новосибирский гос. аграрный ун-т, ФГУП «Росрыбцентр», **2008**. – С. 387–391.
- Чернышова Ю. С., Прохорова Н. Ю.** Перспективы использования лагуны Буссе как природного источника для получения спата приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* // Изв. ТИНРО. – **2018**. – Т. 195. – С. 219–228.
- Akayli T., Timur G., Albayrak G., Aydemir B.** Identification and genotyping of *Vibrio ordalii*: A Comparison of Different Methods // The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidjeh. – **2010**. – 62(1). – P. 9–18.
- Amaro C., Biosca E. G.** *Vibrio vulnificus* biotype 2, pathogenic for eels, is also an opportunistic pathogen for humans // Appl. Environ. Microbiol. – **1996**. – 62. – P. 1454–1457.

- Austin B., Austin D. A.** Bacterial fish pathogens: disease of farmed and wild fish. 3rd ed. Springer. – Praxis, Chichester, UK, 1999. – 457 p.
- Baffone W., Tarsi R., Luigi P. et al.** Detection of free-living and plankton-bound vibrios in coastal waters of the Adriatic Sea (Italy) and study of their pathogenicity-associated properties // *Environ Microbiol.* – 2006. – Vol. 8, Issue 7. – P. 1299–1305.
- Baker-Austin C., McArthur J. V., Tuckfield R. C. et al.** Antibiotic resistance in the shellfish pathogen *Vibrio parahaemolyticus* isolated from the coastal water and sediment of Georgia and South Carolina, USA // *J. Food Prot.* – 2008. – Vol. 71. – P. 2552–2558.
- Birkbeck T. H., Laidler L. A., Grant A. N., Cox D. I.** *Pasteurella skyensis* sp. nov., isolated from Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) // *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology.* – 2002. – Vol. 52(3). – P. 699–704.
- Castro D., Pujalte M. J., Lopez-Cortes L. et al.** Vibrios isolated from the cultured manila clam (*Ruditapes philippinarum*): numerical taxonomy and antibacterial activities // *J. Appl. Microbiol.* – 2002. – Vol. 93, Issue 3. – P. 438–447. – <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2002.01709.x>.
- Cheikh Y. B., Travers M-A., Morga B. et al.** First evidence for a *Vibrio* strain pathogenic to *Mytilus edulis* altering hemocyte immune capacities // *Dev. Comp. Immunol.* – 2016. – Vol. 57. – P. 107–119.
- Clerissi C., Lorgeril J., Petton B. et al.** Diversity and stability of microbiota are key factors associated to healthy and diseased *Crassostrea gigas* oysters // *bioRxiv.* – 2018. – doi: 10.1101/378125.
- DePaola A., Capers G. M., Alexander D.** Densities of *Vibrio vulnificus* in the intestines of fish from the U. S. Gulf Coast // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1994. – P. 984–988.
- Droshnev A. E., Zavyalova E. A., Fedotov L. A. et al.** Biotechnology method of salmon protection against vibriosis // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.* – 2019. – P. 1–4.
- Guardiola-Avila I., Acedo-Felix E., Sifuentes-Romero I. et al.** Molecular and genomic characterization of *Vibrio mimicus* isolated from a frozen shrimp processing facility in Mexico // *PLOS ONE.* – 2016. – Vol. 11. – (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144885>).
- Heng Sing-Peng, Letchumanan Vengadesh, Deng Chuan-Yan.** *Vibrio vulnificus*: An Environmental and Clinical Burden // *Microbiology.* – 2017. – Vol. 8. – P. 1–14.
- Høi L., Larsen J. L., Dalsgaard I., Dalsgaard A.** Occurrence of *Vibrio vulnificus* biotypes in Danish marine environments // *Appl. Environ. Microbiol.* – 1998. – Vol. 64(1) – P. 7–13. – doi: 10.1128/aem.64.1.7-13.1998
- Jiang Ziyang, Gao Xiaojian, Jiang Qun et al.** Genomic characterization and pathogenicity analysis of the *Vibrio mimicus* Y4 causing red body disease in *Macrobrachium nipponense* // *Aquaculture.* – 2022. – Vol. 548, Part 2. – P. 1–8. – <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737701>
- Kijewska A., Koroza A., Grudlewska-Buda K. et al.** Molluscs – A ticking microbial bomb // *Front. Microbiol.* – 2023. – Vol. 13:1061223. – doi: 10.3389/fmicb.2022.1061223.
- Klontz K. C., Lieb S., Schreiber M. et al.** Syndromes of *Vibrio vulnificus* infections. Clinical and epidemiologic features in Florida cases, 1981–1987 // *Ann. Intern. Med.* – 1988. – 109 (4) – P. 318–323.
- Liu J., Sun X., Li M.** *Vibrio* infections associated with *Yesso scallop* (*Patinopecten yessoensis*) larval culture // *Journal of Shellfish Research.* – 2015. – Vol. 34, No. 2. – P. 213–216.
- Liu R., Qiu L. M., Yu Z. A. et al.** Identification and characterisation of pathogenic *Vibrio splendidus* from *Yesso scallop* (*Patinopecten yessoensis*) cultured in a low temperature environment // *J. Invertebr. Pathol.* – 2013. – Vol. 114, Issue 2. – P. 144–150. – <https://doi.org/10.1016/j.jip.2013.07.005>
- Llewellyn L. C.** A bacterium with similarities to the redmouth bacterium and *Serratia liquefaciens* (Grimes and Hennerty) causing mortalities in hatchery reared salmonids in Australia // *J. Fish. Diseases.* – 1980. – No. 3. – P. 29–39.
- Lokmer A., Wegner K. M.** Hemolymph microbiome of Pacific oysters in response to temperature, temperature stress and infection // *ISME J.* – 2015. – Vol. 9. – P. 670–682. – doi: 10.1038/ismej.2014.160
- Mahmud Z. H., Neogi S. B., Kassu A. et al.** Occurrence, seasonality and genetic diversity of *Vibrio vulnificus* in coastal seaweeds and water along the Kii Channel, Japan // *FEMS Microbiol Ecol.* – 2008. – Vol. 64, Issue 2. – P. 209–218.

- McFall-Ngai M., Hadfield M. G., Bosch T. C. G. et al.** Animals in a bacterial world, a new imperative for the life sciences // Proc. Natl. Acad. Sci USA. – **2013**. – Vol. 110. – P. 3229–3236.
- Mcintosh D., Austin B.** Recovery of an extremely proteolytic form of *Serratia liquefaciens* as a pathogen of Atlantic salmon, *Salmo Salar*, in Scotland // J. Fish Biol. – **2006**. – Vol. 36, Issue 5. – P. 765–772.
- Mok J. S., Ryu A., Kwon J. Y. et al.** Distribution of *Vibrio* species isolated from bivalves and bivalve culture environments along the Gyeongnam coast in Korea: Virulence and antimicrobial resistance of *Vibrio parahaemolyticus* isolates // Food Control. – **2019**. – No. 106. – doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.06.023
- Oliver J. D.** Wound infections caused by *Vibrio vulnificus* and other marine bacteria // Epidemiol. Infect. – **2005**. – Vol. 133, Issue 3. – P. 383–391.
- Park K., Mok J. S., Kwon J. Y. et al.** Seasonal and spatial variation of pathogenic *Vibrio* species isolated from seawater and shellfish in the Gyeongnam coast of Korea in 2013–2016 // Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – **2019**. – Vol. 52. – P. 27–34.
- Prado S., Dubert J., Romalde J. L. et al.** *Vibrio ostreicida* sp. nov., a new pathogen of bivalve larvae // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. – **2014**. – Vol. 64. – P. 1641–1646.
- Reid H. I., Birkbeck T. H.** Characterization of two groups of *Pasteurella skyensis* isolates from Atlantic salmon, *Salmo salar* L., based on serotype and 16S rRNA and rpoD gene partial sequences // J. Fish Dis. – **2015**. – Vol. 38, Issue 4. – P. 405–408.
- Romalde J. L., Dieguez A. L., Lasa A., Balboa S.** New *Vibrio* species associated to molluscan microbiota: a review // Front. Microbiol. – **2013**. – Vol. 4(413). – <https://www.readcube.com/articles/10.3389/fmicb.2013.00413>
- Sakata T., Hattori M.** Characteristic of *Vibrio vulnificus* isolated from diseased Tilapia // J. Fish Pathol. – **1988**. – Vol. 23, No. 1. – P. 33–40.
- Silva-Rubio A., Acevedo C., Magariños B. et al.** Antigenic and molecular characterization of *Vibrio ordalii* strains isolated from Atlantic salmon *Salmo salar* in Chile // Dis. Aquat. Org. – **2008**. – Vol. 79. – P. 27–35.
- Strom M. S., Paranjpye R. N.** Epidemiology and pathogenesis of *Vibrio vulnificus* // Microbes. Infect. – **2000**. – Vol. 2, Issue 2. – P. 177–188.
- Suresh J. I., Janani M. S. S., Sowndharya R.** Bacterial diseases in fish with relation to pollution and their consequences – A Global Scenario // Bacterial Fish Diseases. Chapter 6. Academic Press. – **2022**. – P. 113–131.
- Thaiss C. A., Zmora N., Levy M., Elinav E.** The microbiome and innate immunity // Nature. – **2016**. – Vol. 535. – P. 65–74.
- Thompson F. L., Iida T., Swings J.** Biodiversity of *Vibrios* // Microbiol. Mol. Biol. – **2004**. – Vol. 68, No. 3. – P. 403–431.
- Tsao Chien-Han, Chen Chun-Chieh, Tsai Shih-Jei et al.** Seasonality, clinical types and prognostic factors of *Vibrio vulnificus* infection // J. Infect. Dev. Ctries. – **2013**. – Vol. 7, No. 07. – P. 533–540.
- Valente C. S., Wan A. H. L.** *Vibrio* and major commercially important vibriosis diseases in decapod crustaceans // J. of Invert. Path. – **2021**. – Vol. 181. – P. 1–18.
- Vigneulle M., Laurencin F. B.** *Serratia liquefaciens*: A case report in turbot (*Scophthalmus maximus*) cultured in floating cages in France // Aquaculture. – **1995**. – Vol. 132, No. 1–2. – P. 121–124.
- Wang J., Jia H.** Metagenome-wide association studies: fine-mining the microbiome // Nat. Rev. Microbiol. – **2016**. – Vol. 14. – P. 508–522.
- Wood B. P., Bruno D. W., Hastinds T. S.** Cardiomyopathy in farmed Atlantic Salmon, *Salmo salar* in Scotland // Abst. European assoc. of fish pathologists. 7 Inter. Conf. Diseases of fish and shellfish. Palma de Mallorca. – **1995**. – P. 20.
- Yu Z., Liu C., Fu Q. et al.** The differences of bacterial communities in the tissues between healthy and diseased Yesso scallop (*Patinopecten yessoensis*) // AMB Expr. – **2019**. – 9(148). – (<https://doi.org/10.1186/s13568-019-0870-x>).