

## САНИТАРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ БАКТЕРИЙ РОДА ACINETOBACTER, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ВОДЫ И РЫБЫ В ДЕЛЬТЕ Р. ВОЛГИ

*О. В. Обухова, Л. В. Ларцева*

*Астраханский государственный технический университет,  
Астрахань, Российская Федерация*

Впервые изучены санитарно-экологические особенности ацинетобактеров, выделенных из воды и рыбы в дельте р. Волги с 1987 по 2010 гг. Сегодня эти бактерии входят в число наиболее опасных патогенов для людей, особенно в условиях стационаров. Они могут существовать в гидроэкосистемах и взаимодействовать с водной биотой. Проанализировано 96 экз. белуги, 295 экз. осетра, 217 экз. севрюги, 50 экз. стерляди, 173 экз. сазана, 447 экз. судака, 638 проб воды в местах промысла этих видов рыб. У рыб исследовали паренхиматозные органы, кишечник, жабры, кровь, гонады (у осетровых), мышечную ткань. Учитывали факторы патогенности: рост при 37 °С, ферментацию гемолизина, протеазы, лецитиназы, каталазы; жизнеспособность в 3,0; 7,0; 10,0 % бульоне с NaCl. Показано, что встречаемость ацинетобактеров в воде колебалась от 3,0 до 16,7 %; в рыбе – от 4,6 до 10,5 % проб от всей выделенной микрофлоры. Уступая доминирующим энтеробактериям и аэромонадам, ацинетобактеры, выделенные из воды и рыбы, обладали всеми анализируемыми факторами патогенности, особенно каталазной активностью. В сочетании с галофильностью эти бактерии могут сохраняться в рыбе при ее хранении на холоде и в соленой рыбопродукции.

**Ключевые слова:** ацинетобактеры, встречаемость, вода, рыба, факторы патогенности, галофильность, сезонная цикличность.

**Для цитирования:** Обухова О. В., Ларцева Л. В. Санитарно-экологическая значимость бактерий рода *Acinetobacter*, выделенных из воды и рыбы в дельте р. Волги // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. № 2. С. 29–40. DOI: 10.24143/2073-5529-2021-2-29-40.

### Введение

В условиях многофакторного антропогенного пресса происходят значительные изменения микробиоценозов воды и рыбы в пользу увеличения условно-патогенных бактерий (УПБ). В воде и рыбе они могут персистировать продолжительное время, используя эти экологические ниши для передачи своего заразного начала [1–8]. Сегодня в различных биоценозах формируются новые типы возбудителей инфекций, которые приспособились к изменившимся условиям существования, не нуждаясь в теплокровном организме. Вместе с тем они могут длительно существовать при взаимодействии с водной биотой за счет селективного отбора наиболее жизнеспособных клонов [9, 10].

Широкое использование в медицине, ветеринарии и аквакультуре различных антибиотиков увеличили вероятность появления L-форм бактерий, т. е. приобретение паразитогенных свойств сапрофитов. Как результат, в микробиоценозах гидроэкосистем происходят глубокие нарушения экологических взаимоотношений.

Бактерии р. *Acinetobacter* – грамнегативные, оксидозонегативные, кокковой формы (1,0–1,5 × 1,5–2,5 мкм), строгие аэробы. Оптимум роста – 30–32 °С. Отнесены к санитарно-значимым микроорганизмам [11]. Они стали привлекать к себе внимание инфекционистов с 80-х гг. XX в. в связи с широкомасштабным применением антибиотиков. Сегодня *Acinetobacter* sp. входят в число шести самых опасных микроорганизмов для населения развитых стран и относятся к числу широко распространенных возбудителей инфекций, особенно связанных с оказанием различной медицинской помощи. Эпидемиологическая значимость этих микроорганизмов определена наличием у них набора паразитогенных признаков, способных вызывать тяжелые формы различных заболеваний с высоким риском летальности [12–14]. Заболевания, вызываемые ацинетобактерами, протекали, как правило, тяжело, т. к. многие штаммы обладали антибиотико-

резистентностью, энтеротоксигенностью, гемолитической и адгезивной активностью [15–21]. По мнению авторов, эти микроорганизмы могли быть причиной раневых инфекций, урологических заболеваний, сепсиса, пневмоний, особенно в реанимационных отделениях.

В литературе показано, что у неферментирующих УПБ температурный фактор является определяющим в их резервуарной роли. Так, при пониженной температуре у них в несколько раз повышается ферментативная активность, что позволяет им не только сохранять свою популяцию, но и повышать численность и вирулентность. Для рыбного хозяйства эти данные имеют особую практическую значимость. Показано, что ацинетобактеры способны не только контаминировать рыбу и другие гидробионты, но и сохранять свою жизнеспособность при их хранении на холоде, превалируя над другой микрофлорой [1, 6, 22, 23]. Однако литературные данные по этим микроорганизмам в ихтиопатологии демонстрируют разную степень изученности и информативности. В основном приводились только упоминания об их нахождении в гидробионтах. При этом, как правило, ацинетобактеры выделяли в ассоциациях с другими УПБ: энтеробактериями, аэромонадами и др. Известно, что именно в ассоциациях микроорганизмам проще реализовать свой патогенный потенциал. В природных условиях водоема они образуют разнообразные биотические связи, иногда с гетерогенной популяцией клеток, относящихся к различным таксонам [24]. В пользу ассоциативной теории свидетельствуют данные о встречаемости ацинетобактеров в комплексе с аэромонадами и псевдомонадами в воде и осадках субтропического бассейна США. Показано, что генотип их распространенности и резистентности к антибиотикам возрастал с увеличением нагрузки урбанизации [8]. Однако сведения о способности ацинетобактеров вызывать патологические процессы у рыб в доступной литературе отсутствуют.

Определенную информативную ценность представляют результаты некоторых исследований. Так, при микробиологическом анализе воды и рыбы (осетра и бычков (2001–2005 гг.)) в дельте р. Волги и акватории Северного Каспия установлено, что в морской экосистеме преобладали штаммы *Acinetobacter* sp. и *A. haemolyticus*, в речной – *A. calcoaceticus*. В море они изолировались от осетра в 2,9; бычков – 2,6; из воды – в 2,6 % случаев. Среди неферментирующей микрофлоры у рыб данные микроорганизмы инфицировали жабры (18,2 %), кишечник (19,5 %), гонады (17,2 %) и печень (3,6 % проб). В реке эти бактерии обсеменяли осетров и воду в 5,2 и 7,7 % проб соответственно. Кроме того, в Среднем Каспии в микробиоценозе гребневиков (*M. leidy*) и воды ацинетобактеры в среднем составляли 6,5 % проб. Однако факторы их патогенности не детализированы [3].

В гидроэкосистеме Таганрогского залива Азовского моря (2007–2013 гг.) ацинетобактеры регистрировались обычно весной при температуре воды 18 °С. В комплексе неферментирующих бактерий они отмечены в воде в 6,6; рыбе – в 9,2 % случаев. В летний период их рост и численность подавляли ферменто-активные аэромонады и энтеробактерии. У бычка-кругляка эти УПБ контаминировали в основном жабры. Все выделенные из воды и рыбы культуры были устойчивы к антибиотикам с увеличением показателей в июле-августе и их снижением в 1,2–1,7 раза в ноябре. Максимальную резистентность ацинетобактеры проявляли к ампициллину, эритромицину, фуразолидону [5].

Особую практическую значимость для рыбного хозяйства имеет галотолерантность микроорганизмов. Слабые концентрации NaCl обычно стимулируют, а сильные – ингибируют процессы их дыхания, метаболизма, подвижности и адгезии. Кроме того, они тормозят размножение бактерий и их биохимическую активность. Солевые растворы подавляют протеолитическую и лецитиназную активность бактерий, замедляя гнилостные процессы в рыбе, даже когда продолжается рост бактерий. Обладая галофильностью, они остаются жизнеспособными до готовности соленой продукции, снижая ее качество и пищевую ценность. Поэтому соленая и особенно слабосоленая рыбная продукция требует особого температурного режима при хранении, а также дополнительных технологических процессов, обеспечивающих стойкость к их микробиологической порче. В связи с этим изначальное присутствие в рыбном сырье бактерий, обладающих галофильностью, можно рассматривать как явление риска при употреблении пищевых продуктов, особенно слабого посола [1, 6, 23, 25, 26]. Однако данные по галотолерантности микрофлоры, обсеменяющей гидробионтов, весьма малочисленны и противоречивы.

Таким образом, отсутствие достаточной информации о механизмах персистенции ацинетобактеров в водных экосистемах и гидробионтах, их возможной роли как возбудителей сапро-

нозных инфекций людей послужило основанием для написания этой работы. Известно, что бактериологические показатели могут быть объективным критерием санитарно-экологического и эпидемиологического состояния гидроэкосистем.

### Материал и методы

Материалом для данных исследований послужили 96 экз. белуги, 295 экз. осетра, 217 экз. севрюги, 50 экз. стерляди (период исследования – 1988–2005 гг.), 173 экз. сазана (1987–2004 гг.), 447 экз. судака (1995–2010 гг.), а также 638 проб воды. Полевой материал по белуге собирали в марте-апреле и сентябре-октябре (в речной период их жизни), по осетру, стерляди и севрюге – в апреле-сентябре, по судаку – в апреле-конце октября, по сазану – в марте-ноябре; параллельно проводили отбор проб воды общепринятым методом, соблюдая правила асептики. У рыб анализировали жабры, кишечник, паренхиматозные органы, кровь, мышцы, гонады (икра и молоки осетровых). Из воды и рыбы было выделено более 4 500 бактериальных культур, монотипность которых контролировали микроскопированием окрашенных по Граму мазков. Исследования и идентификацию выделенных штаммов проводили общепринятыми методами [27, 28]; кроме того, их тестировали на способность роста при 37 °С, продуцирование гемолизина, протеазы, лецитиназы, каталазы, сероводорода и индола. Значения галофильности выделенных из воды и рыбы штаммов ацинетобактеров изучали путем посевов в мясо-пептонный бульон с 3,0; 7,0; 10,0 % содержанием NaCl и инкубацией при 37 °С. Учет результатов осуществляли через 24 и 48 часов. Статистическую обработку осуществляли компьютерной программой Statistica for Windows.

### Результаты исследования и их обсуждение

За период проведения исследования ацинетобактеры обсеменяли практически все виды анализируемых рыб и воду в местах их промысла (рис. 1).

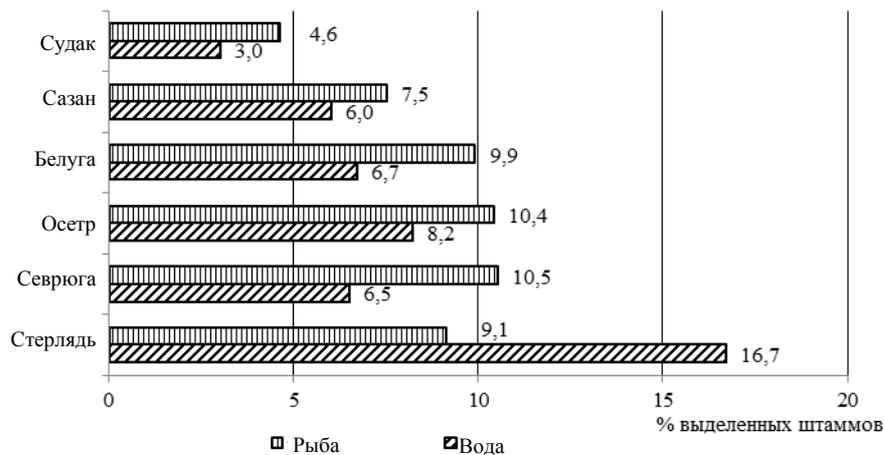


Рис. 1. Частота встречаемости ацинетобактеров, выделенных из воды и исследуемой рыбы

Бактерии этого рода, выделенные из воды и рыбы, были представлены одним видом – *A. calcoaceticus*. В удельном весе всей выделенной микрофлоры они значительно уступали ферментоактивным энтеробактериям (протейам и цитробактерам), а также азромонадам. Их встречаемость у проходных осетровых (осетра, белуги, севрюги) и полупроходных сазана и судака была в среднем выше, чем в воде, в 1,2 раза ( $P < 0,05$ ;  $r = 0,81$ ). Среди анализируемых рыб они достоверно преобладали у проходных осетровых, что дает основание предположить, что часть выделенных штаммов этих микроорганизмов имели «морское» происхождение. Доминирование «водных» штаммов ацинетобактеров в местах обитания стерляди (верховые акватории дельты) определено их приуроченностью к открытым водотокам, что согласуется с ранее проведенными исследованиями в этом регионе [1, 3, 4]. По-видимому, верховые дельтовые районы более благоприятны для вегетирования неферментирующих бактерий, чем эвтрофированные и более мелководные зоны дельты и авандельты р. Волги.

Основными биотопами выделенных ацинетобактеров у осетровых и сазана были кишечник, селезенка и мышцы; у судака – кишечник, жабры и почки. При этом частота встречаемости ацинетобактеров в мышцах всех анализируемых рыб была в среднем выше в 1,3 раза, чем в крови ( $P < 0,05$ ;  $r = 0,87$ ). В гонадах (икре и молоках) осетровых, а также в их мышцах зарегистрировано их присутствие в  $5,8 \pm 0,8$  и  $8,3 \pm 0,7$  % случаев соответственно.

Изоляты этих микроорганизмов, выделенные из воды и рыбы, регистрировали без выраженной сезонной цикличности, которая характерна для энтеробактерий, аэромонад и псевдомонад – доминантов микробиоценоза гидроэкосистемы дельты Волги. Отмечен небольшой динамичный рост от весны к осени у штаммов, выделенных из воды, а у белуги и судака максимальные значения отмечены в осенний сезон.

Выживаемость УПБ в гидроэкосистемах определена факторами их защиты и агрессии. Показано, что эти микроорганизмы обладают потенциалом патогенности, т. е. качественными и количественными проявлениями их ферментативной активности. Известно, что риск инфицирования этой микрофлорой зависит как от ее численности, так и от патогенных свойств. При этом генетическая программа бактерий-возбудителей сапронозов обеспечивает им возможность менять экологические ниши в окружающей среде [2, 4, 9, 29].

Из анализа фактического материала следует (табл. 1), что все исследуемые штаммы ацинетобактеров, выделенные из воды и рыбы, обладали факторами патогенности/персистенции с определенной вариабельностью.

Таблица 1

Факторы патогенности ацинетобактеров, выделенных из воды и рыбы

Исследованный биотоп	Процент положительных штаммов				
	Рост при 37 °С	Протеаза	Лецитиназа	Гемолизин	Каталаза
Судак	70,5	32,2	41,7	46,6	85,0
Сазан	70,0	35,7	33,9	43,3	89,0
Стерлядь	70,8	32,5	34,7	27,2	76,5
Белуга	79,4	39,6	38,0	30,0	78,8
Осетр	72,6	34,4	35,0	28,8	70,6
Севрюга	79,0	38,8	38,6	28,0	75,3
Вода	81,1	39,2	44,3	37,4	87,4

Во всех случаях их средние значения были почти на одном уровне – как у выделенных из рыбы, так и из воды, – превалируя в последней только в 1,1–1,2 раза ( $P < 0,05$ ;  $r = 0,83$ ).

Способность роста бактерий при 37 °С и продуцирование гемолизина – объективный показатель их экологической пластичности и эпидемиологической значимости. По результатам проведенных исследований жизнеспособность ацинетобактеров при этой температуре была максимальной у штаммов, инфицирующих белугу, осетра и севрюгу, что, по-видимому, определило частую встречаемость этих бактерий у этих видов рыб. Максимальное продуцирование гемолизина ацинетобактерами отмечено у судака и стерляди, особенно ранней осенью (табл. 1, рис. 2).

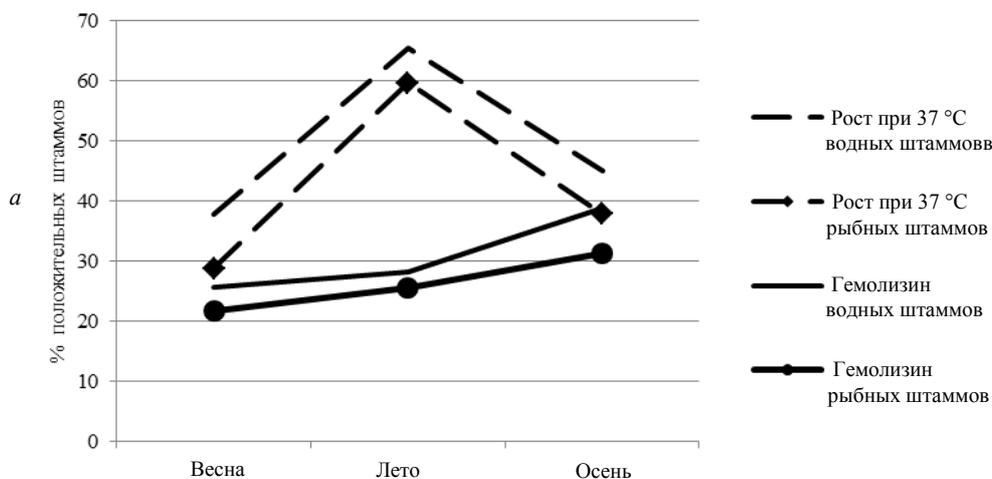


Рис. 2. Сезонная динамика факторов патогенности ацинетобактеров, выделенных из воды и рыбы: а – судак

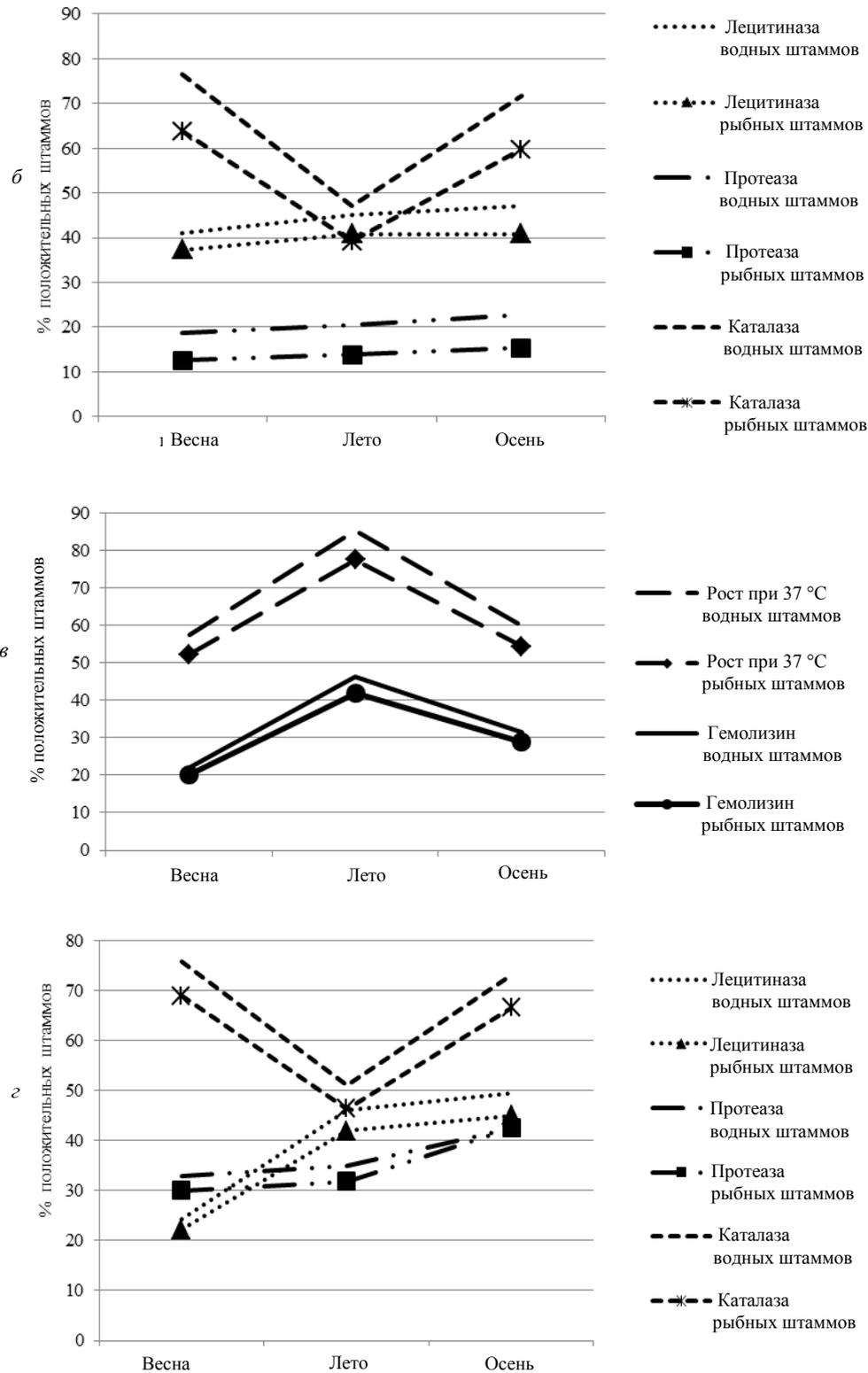


Рис. 2 (окончание). Сезонная динамика факторов патогенности ацинетобактеров, выделенных из воды и рыбы: б – судак; в, г – стерлядь

Показатели гемолизина у этих бактерий, выделенных от проходных осетровых, в среднем были в 1,8 раза ниже, чем их способность к росту при 37 °С, что, по-видимому, обусловлено их фенотипическими особенностями.

На примере полупроходного судака и речной стерляди (рис. 2) установлена сезонная цикличность анализируемых ацинетобактеров к росту при 37 °С. Их максимальная активность в летний сезон, вероятно, была необходима этим микроорганизмам в конкурентной борьбе с ферментативно-активными в это время энтеробактериями и аэромонадами. У штаммов, выделенных как из воды, так и из судака, значения этого персистентного признака в осенний сезон были выше в 1,5 и 1,4 раза соответственно, чем весной ( $P < 0,05$ ;  $r = 0,79$ ).

У речной стерляди максимальное продуцирование гемолизина зарегистрировано в летний сезон с близкими показателями как у «водных», так и «рыбных» штаммов [4]. Следовательно, полученные данные по этим персистентным признакам позволяют использовать ацинетобактерии водных экосистем в качестве санитарно-эпидемиологических маркеров.

Фермент каталазы необходим микроорганизмам как защитная система в конкурентной борьбе между разными видами. При понижении температуры воды и, следовательно, увеличении содержания кислорода происходит усиление ее активности. Среди анализируемых рыб максимальные значения каталазы зарегистрированы у сазана и судака (см. табл. 1). Этот феномен, по-видимому, связан с ферментативными особенностями ацинетобактеров, с одной стороны, и спецификой сбора полевого материала, который собирали от этих видов рыб с ранней весны до глубокой осени (ноябрь) при низкой температуре воды. Похожая тенденция относительно сезонной активности каталазы ранее была зарегистрирована у выделенных от рыб энтеробактерий, аэромонад и неферментирующих псевдомонад [1, 4]. Полученные данные позволяют предположить, что одним из механизмов высокой выживаемости этих микроорганизмов при низких температурах воды является ферментация каталазы.

Протеазы и лецитиназы расщепляют плазменные белки, преодолевают тканевые барьеры, способствуя обсемененности рыбы, вызывая автолиз и порчу, снижая при этом ее пищевую ценность. Разлагаясь до аминокислот под воздействием ферментов, они продуцируют образование аммиака, индола, сероводорода, скатола, гистамина и других веществ [4, 23]. В силу фенотипических и генотипических особенностей значения протеазы и лецитиназы у выделенных из воды и рыбы штаммов ацинетобактеров были минимальными среди других исследуемых персистентных признаков (см. рис. 2). Симптоматично, что все изоляты этих микроорганизмов в 11,6 % случаев продуцировали сероводород и индол в виде слабых следов. Как и в предыдущих случаях, все штаммы ацинетобактеров, выделенные от проходных осетровых (белуги, осетра и севрюги) обладали самым высоким потенциалом протеолитической активности. Лецитиназа у изучаемых штаммов бактерий была весьма значимой у этих же видов осетровых, но ее максимальные показатели регистрировали у изолятов, обсеменяющих судака (см. табл. 1), что, по-видимому, определено микрофлорой его «пищевых партнеров».

Цифровые значения, приведенные на рис. 2, показали незначительный сезонный рост (в 1,1 раза) лецитиназной активности у штаммов, выделенных из воды и судака, и существенный подъем этого персистентного признака у изолятов, обсеменяющих воду и стерлядь. Его показатели были выше «водных» и «рыбных» штаммов в 2,0 раза осенью по сравнению со значениями, полученными весной. Ферментация протеазы у изолятов, выделенных из воды и судака, увеличивалась от весны к осени в 1,2 раза, а у выделенных из воды и стерляди – в 1,3 и 1,4 раза соответственно. При этом ее значения у штаммов, обсеменяющих судака, были в 1,5 раза ниже, чем выделенные из воды ( $P < 0,05$ ;  $r = 0,81$ ).

Полученные данные дают основание предположить, что гидролого-гидрохимические показатели водной среды и образ жизни исследуемых рыб определяют механизм персистентных свойств УПБ. Сравнительный многолетний анализ показал, что выделенные из воды и рыбы штаммы ацинетобактеров были инертнее при 37 °С, в продуцировании протеазы и лецитиназы в 1,1–1,2 раза, чем доминирующие в микробиоценозе ферментативно-активные энтеробактерии и аэромонады. Показатели гемолизина у ацинетобактеров, напротив, были выше в 1,8 и 1,1 раза, чем у выделенных энтеробактерий, обсеменяющих воду и рыбу соответственно, но ниже в 1,9 и 1,8 раза, чем у изолированных из воды и рыбы штаммов аэромонад. Каталазная активность ацинетобактеров и энтеробактерий в обоих эконизах отмечена на одном уровне; у аэромонад, выделенных из воды и рыбы, ее показатели были ниже, чем у штаммов ацинетобактеров, обсеменяющих воду и рыбу, в 1,8 и 1,7 раза ( $P < 0,05$ ;  $r = 0,82$ ).

Из результатов многолетнего мониторинга следует, что ацинетобактеры, не являясь доминантами в микробиоценозе, обсеменяли практически все исследуемые виды рыб и воду в местах их обитания и промысла. Важным и определяющим механизмом их высокого адаптационного потенциала являлись факторы патогенности/персистенции. Способность их роста при 37 °С и ферментация гемолизина свидетельствуют об их высокой экологической пластичности и санитарно-эпидемиологической значимости. Высокая каталазная активность, видимо, позволяет этим микроорганизмам сохранять свою жизнеспособность при хранении рыбы на холоде и превалировать над другой микрофлорой. Так, ранее было установлено, что у свежельвловленного судака в мышцах ацинетобактеры выделялись в 18,2 %, а через месяц их хранения в морозильной камере при –18,0 °С – в 28,6 % случаев [1].

Анализ многолетнего фактического материала по галотолерантности выделенных из воды и рыбы ацинетобактеров представлен в табл. 2.

Таблица 2

Галотолерантность ацинетобактеров, выделенных из воды и рыбы

Концентрация раствора NaCl, г/л	Исследуемый объект						
	Осетровые				Судак	Сазан	Вода
	Белуга	Севрюга	Осетр	Стерлядь			
	Процент положительных штаммов						
3,0	81,7	79,4	78,6	51,2	57,7	57,0	71,1
7,0	75,0	38,7	37,7	25,8	28,8	29,4	42,3
10,0	37,4	24,2	23,7	12,0	13,0	12,7	18,9

Все штаммы исследуемых бактерий, обсеменяющие проходных осетровых, были галофильнее, чем инфицирующие речную стерлядь, а также полупроходных судака и сазана, во всех экспериментальных концентрациях поваренной соли, в 1,4; 1,8 и 2,2 раза. По-видимому, это связано с тем, что для высокоорганизованных проходных осетровых характерна высокая экологическая пластичность осморегулирующей системы. Эти виды рыб эффективно поддерживают относительно постоянный водно-солевой состав внутренней среды при значительном снижении солености речной экосистемы [30]. В связи с этим вполне вероятно, что часть штаммов бактерий таким образом может попадать из морской среды в реку с рыбой во время ее нерестовой миграции. В любом случае окончательный ответ на этот вопрос может дать только молекулярно-генетический анализ ее микрофлоры.

Показатели галотолерантности в концентрации 7,0 % с NaCl у «водных» изолятов анализируемых бактерий были в 1,3 раза выше в местах промысла судака и сазана по сравнению с полученными данными в местах обитания стерляди, которые не подвержены сезонным нагонным морянными течениями, как дельтовые акватории. Данные, приведенные на рис. 3, демонстрируют небольшую сезонную цикличность этого признака у ацинетобактеров, выделенных из воды и речной стерляди.

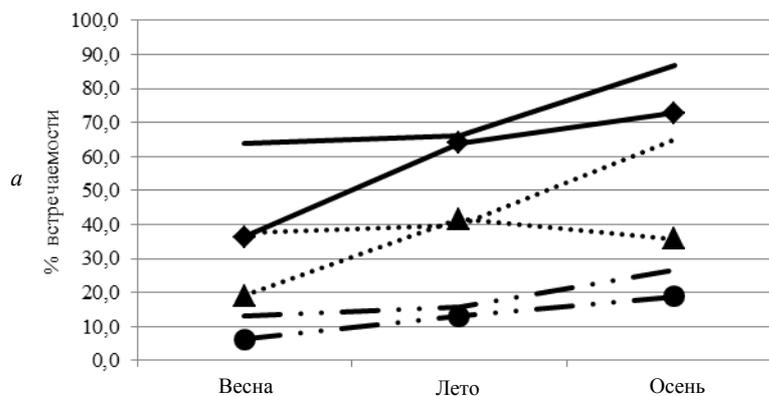


Рис. 3. Сезонная динамика ацинетобактеров, выделенных из воды и рыбы: а – судак

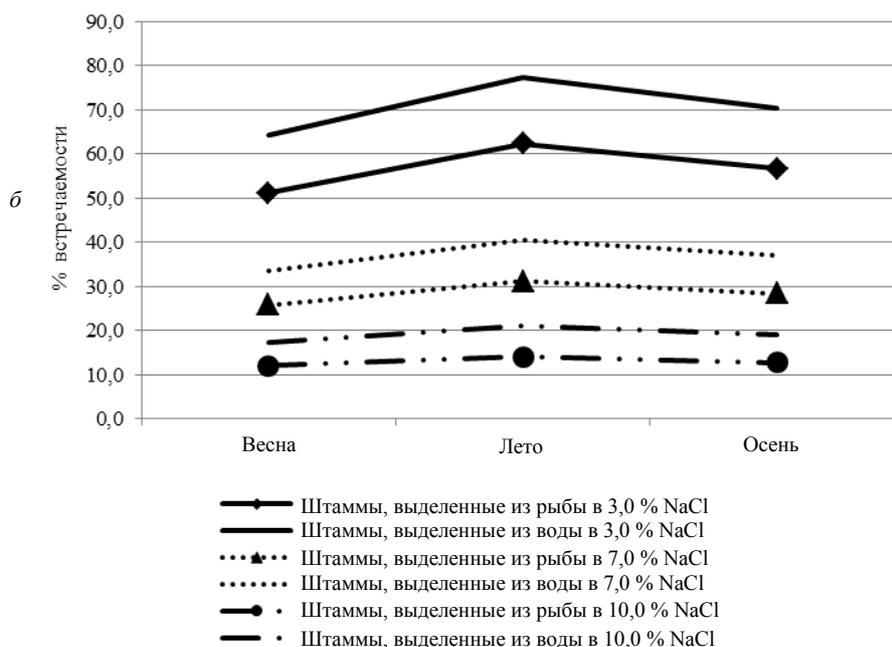


Рис. 3 (окончание). Сезонная динамика ацинетобактеров, выделенных из воды и рыбы: б – стериль

Незначительный подъем их галофильности отмечен только в летний сезон. При этом солеустойчивость «водных» штаммов во всех концентрациях поваренной соли была в 1,2–1,3 раза выше, чем выделенных от рыб ( $P < 0,05$ ;  $r = 0,91$ ). Полученные данные дают основание отнести ацинетобактеры к факультативным галофилам, осмостаз которых обеспечивает их высокую жизнеспособность в 3,0 и 7,0 % солевых растворах, особенно в летний сезон. Невысокая, но стабильная галофильность этих бактерий, персистирующих в воде и рыбе, в 10,0 % растворе NaCl (рис. 3), по-видимому, необходима им в конкурентной борьбе с активными в это время энтеробактериями и аэромонадами и является одним из механизмов их адаптации.

Более выраженная сезонная цикличность галотолерантности отмечена у штаммов ацинетобактеров, обсеменяющих судака и воду в местах его промысла (рис. 3). В 3,0 % солевом растворе значения солеустойчивости у «водных» и «рыбных» изолятов динамично увеличивались от весны к осени в 2,0 и 1,4 раза соответственно. В 7,0 % растворе с NaCl галофильность исследуемых микроорганизмов, выделенных из воды и рыбы, увеличивалась от весны к осени в среднем в 1,7 раза ( $P < 0,05$ ;  $r = 0,79$ ). При этом обращает на себя внимание резкий подъем галофильности в этой концентрации соли анализируемых «рыбных» штаммов летом, по сравнению с весенними данными. Аналогичная тенденция отмечена по солеустойчивости ацинетобактеров, персистирующих в обеих эконишах, в 10,0 % растворе хлорида натрия. Максимальные значения галофильности у «водных» штаммов осенью, видимо, определены перемешиванием морских и пресных вод «морскими» течениями, характерными особенно для этого сезона года в дельтовой акватории р. Волги. Известно, что массовый ход полупроходного судака начинается в летний сезон, и, как следствие, происходит попадание части «морской» микрофлоры в речную экосистему с мигрирующей рыбой. Следовательно, этот прогностический признак обусловлен как абиотическими факторами, в частности соленостью воды, так и биотическими взаимоотношениями микроорганизмов и гидробионтов.

Таким образом, полученные данные показали высокий адаптационный потенциал в виде галофильности персистирующих в водной экосистеме неферментирующих ацинетобактеров и дают основание прогнозировать их жизнеспособность даже в готовой рыбной продукции. В пользу этого прогноза свидетельствуют результаты ранее проведенных экспериментальных работ. Так, штаммы ацинетобактеров в мышцах свежельовленных осетровых изолировались в 8,3 %; в готовой балычной продукции – в 46,2 % случаев. В икре свежельовленных осетровых эти микроорганизмы составляли 5,8 %; после ее пробивки – 14,3 %; в готовой соленой икорной продукции – 13,9 % проб [1], что дает основание для их регламентирования в рыбной продукции.

### Заключение

Результаты многолетнего микробиологического мониторинга, проведенного в дельте р. Волги, показали встречаемость ацинетобактеров в воде и рыбе – 3,0–16,7 и 4,6–10,5 % проб от всей выделенной микрофлоры соответственно. Почти во всех случаях эти бактерии выделяли из воды в среднем ниже в 1,3 раза, чем в рыбе. Установлено, что они чаще инфицировали проходных осетровых (белугу, осетра, севрюгу), чем речную стерлядь, а также полупроходных сазана и судака. Аналогичная тенденция выявлена по факторам патогенности/персистенции у ацинетобактеров, обсеменяющих воду и рыбу. Выявленные максимальные значения галофильности у штаммов этих бактерий, выделенных от проходных осетровых, дают основание предполагать, что некоторая их часть имеет «морское» происхождение.

Полученные данные свидетельствуют о высоком адаптационном механизме и экологической пластичности этих микроорганизмов. Благодаря факторам персистенции они могут длительно существовать в воде и рыбе и даже конкурировать с доминирующими в дельте р. Волги ферментно-активными энтеробактериями и аэромонадами. Являясь факультативными галофилами, они остаются жизнеспособными в соленой рыбной продукции.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ларцева Л. В. Гигиеническая оценка по микробиологическим показателям рыбы и рыбных продуктов Волго-Каспийского региона: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1998. 44 с.
2. Коренберг Э. И. Преадаптивное происхождение возбудителей природноочаговых зоонозов // Успехи современной биологии. 2005. Вып. 5. № 2. С. 131–139.
3. Лисицкая И. А. Бактериальные сообщества некоторых компонентов экосистемы дельты Волги и Северного Каспия: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Астрахань, 2008. 23 с.
4. Обухова О. В., Ларцева Л. В. Микробиоценоз воды и судака (*Sander lucioperca*) в дельте р. Волги. СПб.: Проспект науки, 2015. 224 с.
5. Морозова М. А. Экологические особенности формирования микробиоценоза рыб Таганрогского залива Азовского моря: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ростов н/Д., 2017. 23 с.
6. Liston J. Microbial hazards of seafood consumption // Food Technol. 1990. V. 44. N. 12. P. 58–62.
7. Shreedevi S., Rathod J. L. Isolation and enumeration of bacterial flora in false trevally, *Lactarius lactarius*, of Karwar, central west coast of India // Indian J. Geo-Mar. Sci. 2011. N. 40 (4). P. 583–586.
8. Sullivan B. A., Gentry T., Kathikeyan R. Characterization of tetracycline-resistant bacteria in an urbanizing subtropical watershed // J. Appl. Microbiol. 2013. V. 115. N. 3. P. 774–785.
9. Андрюков Б. Г., Сомова Л. М., Тимченко Н. Ф. Эволюция понятия сапронозы и трансформация экологической концепции паразитизма в инфектологии // Журн. микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2017. № 5. С. 119–126.
10. Peterson A., Guardabassi L., Olsen J. E. Selektion for antibiotika resistens i *Acinetobacter* spp. i spildevand // Dan. Veterinaertidsskr. 2000. V. 83. N. 7. P. 6–9.
11. Пивоваров Ю. П., Королик В. В. Санитарно-значимые микроорганизмы. М.: ИКАР, 2000. 267 с.
12. Кузьменко С. А., Шмакова М. А., Штернис Т. А. и др. Закономерности эпидемического процесса инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, вызванных бактериями родов *Klebsiella* и *Acinetobacter* у детей // Тихоокеан. мед. журн. 2018. № 3 (73). С. 83–86.
13. De Vos D., Pirnay J. P., Bilocq E. et al. Molecular epidemiology and clinical impact of *Acinetobacter calcoaceticus* – baumannii complex in a Belgian Burn Wound Center // PloSONE. 2016. V. 11. N. 5. e0156237.
14. Dramowski A., Aucamp M., Bekker A. et al. Infections diseases exposures and outbreaks at a South African neonatal unit with review neonatal outbreak epidemiology in Africa // Int. J. Infect. Dis. 2017. V. 57. P. 79–85.
15. Шагинян И. А., Чернуха М. Ю. Неферментирующие грамотрицательные бактерии в этиологии внутрибольничных инфекций: клинические, микробиологические и эпидемиологические особенности // Клин. микробиол. и антимикроб. химиотерапия. 2005. Т. 7. № 3. С. 271–285.
16. Жилина С. В., Миронов А. Ю., Поликарпов С. В. Ацинетобактерии при инфекциях кожи и мягких тканей // Человек и его здоровье. Курск. науч.-практ. вестн. 2007. № 4. С. 45–56.
17. Гординская Н. А., Сабирова Е. В., Абрамова Н. В. и др. Особенности нозокомиальных штаммов *Acinetobacter* spp. в травматологической клинике // Клин. микробиол. и антимикроб. химиотерапия. 2013. Т. 15. № 2. С. 143–146.
18. Носкова О. А., Анганова Е. В., Гвак Г. В., Савилов Е. Д. Эпидемические аспекты сепсиса // Журн. микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2018. № 5. С. 121–126.
19. Селиванова Е. А., Хлопко Ю. А., Плотников А. О. Детекция потенциально патогенных бактерий в солоноватых реках Приэльтонья методом высокопроизводительного секвенирования // Журн. микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2018. № 4. С. 87–95.

20. Joly Guillou M. L. Clinical impact and pathogenicity of Acinetobacter // Clin. Microbiol. Infect. 2005. V. 11. P. 868–873.
21. Gao Feng, Wang Yue, Liu Yan-Jie. Genome sequence of Acinetobacter baumannii // J. Bacteriol. 2011. V. 193. N. 9. P. 2365–2366.
22. Ларцева Л. В. Рыбы и другие гидробионты – резервенты грамотрицательной неферментирующей микрофлоры. Ее санитарно-эпизоотическая и эпидемиологическая значимость // Информпакет «Рыбное хоз-во». Сер. Аквакультура. 1997. № 1. С. 1–27.
23. Долганова Н. В., Першина Е. В., Хасанова З. К. Микробиология рыбы и рыбных продуктов. М.: Мир, 2005. 224 с.
24. Немцова Н. В. Гидробиоценозы – модельная система ассоциативного симбиоза // Журн. микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2015. № 4. С. 49–54.
25. Шульгина Л. В., Загородная Г. И., Шульгин Ю. П., Бывальцева Т. М., Галкина Л. М. Микрофлора дальневосточных морей и ее влияние на продукцию из промысловых объектов // Гигиена и санитария. 1995. № 1. С. 14–16.
26. Larpent J. P. Microbiologie et aliments // Ind. alim. et agr. 2000. V. 117. N. 6. P. 47–58.
27. Мюррей Р., Коуэн С., Дж. Листон Дж. и др. Краткий определитель бактерий Берги / под ред. Дж. Хоулта. М.: Мир, 1980. 495 с.
28. Беркли Р. и др. Определитель бактерий Берги: в 2 т. / под ред. Дж. Хоулта и др.; пер. с англ. под ред. акад. РАН Г. А. Заварзина. М.: Мир, 1997. Т. 1. 432 с.
29. Бухарин О. В. От персистенции к симбиозу // Микробиология. 2012. № 4. С. 4–9.
30. Металлов Г. Ф. Физиолого-биохимические механизмы эколого-адаптационной пластичности осморегулирующей системы осетровых рыб: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Астрахань, 2002. 46 с.

Статья поступила в редакцию 19.01.2021

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Ольга Валентиновна Обухова** – канд. биол. наук; доцент кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; obuhova-ov@yandex.ru.

**Любовь Владимировна Ларцева** – д-р биол. наук; профессор кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; Россия, 414056, Астрахань; lartseva\_lv@mail.ru.



### SANITARY AND ECOLOGICAL IMPORTANCE OF BACTERIA OF THE GENUS ACINETOBACTER ISOLATED FROM WATER AND FISH IN VOLGA DELTA

**O. V. Obukhova, L. V. Lartseva**

*Astrakhan State Technical University,  
Astrakhan, Russian Federation*

**Abstract.** The article highlights the study of the sanitary and ecological features of acinetobacteria, which were isolated from the water and fish in the Volga Delta in the period from 1987 up to 2010. Today, these bacteria are among the most dangerous pathogens for people, especially in hospitals. They can exist in hydroecosystems and interact with aquatic biota. There were analyzed 96 beluga species; 295 sturgeon species; 217 stellate sturgeon species; 50 sterlet species; 173 carp species; 447 zander species; 638 water samples in the fishing areas. There were examined the fish, parenchymal organs, intestines, gills, blood, gonads (in sturgeon), and muscle tissues. Pathogenici-

ty factors were taken into account: growth at 37°C, fermentation of hemolysin, protease, lecithinase, catalase; viability in 3.0; 7.0; 10.0% broth with NaCl. It is shown that the occurrence of *Acinetobacter* in water ranged from 3.0 to 16.7%; in fish—from 4.6 to 10.5% of samples of the entire isolated microflora. Inferior to the dominant enterobacteria and aeromonads, acinetobacteria isolated from water and fish had all the analyzed pathogenicity factors, especially catalase activity. In combination with halophilicity, these bacteria can be preserved in fish when stored frozen and as salted fish products.

**Key words:** acinetobacters, occurrence, water, fish, pathogenicity factors, halophilicity, seasonal cycling.

**For citation:** Obukhova O. V., Lartseva L. V. Sanitary and ecological importance of bacteria of the genus *Acinetobacter* isolated from water and fish in Volga delta. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2021;2:29-40. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2021-2-29-40.

#### REFERENCES

1. Lartseva L. V. *Gigienicheskaia otsenka po mikrobiologicheskim pokazateliyam ryby i rybnykh produktov Volgo-Kaspiiskogo regiona. Avtoreferat dissertatsii ... d-ra biol. nauk* [Hygienic assessment of microbiological indicators of fish and fish products of Volga-Caspian region. Diss. Abstr. ... Dr. Biol. Sci.]. Moscow, 1998. 44 p.
2. Korenberg E. I. Preadaptivnoe proiskhozhdenie vzbuditelei prirodnoochagovykh zoonozov [Preadaptive origin of causative agents of natural focal zoonoses]. *Uspekhi sovremennoi biologii*, 2005, iss. 5, no. 2, pp. 131-139.
3. Lisitskaia I. A. *Bakterial'nye soobshchestva nekotorykh komponentov ekosistemy del'ty Volgi i Severnogo Kaspiia. Avtoreferat dissertatsii ... kand. biol. nauk* [Bacterial communities of components of ecosystem of Volga Delta and Northern Caspian. Diss. Abstr. ... Cand. Bio. Sci.]. Astrakhan', 2008. 23 p.
4. Obukhova O. V., Lartseva L. V. *Mikrobiotsenoz vody i sudaka (Sander lucioperca) v del'te r. Volgi* [Microbiocenosis of water and pike perch (*Sander lucioperca*) in Volga Delta]. Saint-Petersburg, Prospekt nauki Publ., 2015. 224 p.
5. Morozova M. A. *Ekologicheskie osobennosti formirovaniia mikrobiotsenoza ryb Taganrogskogo zaliva Azovskogo moria. Avtoreferat dissertatsii ... kand. biol. nauk* [Ecological features of forming fish microbiocenosis in the Taganrog Bay of the Sea of Azov. Diss. Abstr. ... Cand. Bio. Sci.]. Rostov-on-Don, 2017. 23 p.
6. Liston J. Microbial hazards of seafood consumption. *Food Technology*, 1990, vol. 44, no. 12, pp. 58-62.
7. Shreedevi S., Rathod J. L. Isolation and enumeration of bacterial flora in false trevally, *Lactarius lactarius*, of Karwar, central west coast of India. *Indian J. Geo-Mar. Sci.*, 2011, no. 40 (4), pp. 583-586.
8. Sullivan B. A., Gentry T., Kathikeyan R. Characterization of tetracycline-resistant bacteria in an urbanizing subtropical watershed. *J. Appl. Microbiol.*, 2013, vol. 115, no. 3, pp. 774-785.
9. Andriukov B. G., Somova L. M., Timchenko N. F. Evoliutsiia poniatiia sapronozy i transformatsiia ekologicheskoi kontseptsii parazitizma v infektologii [Evolution of concept of sapronose and transformation of ecological concept of parasitism in infectious diseases]. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*, 2017, no. 5, pp. 119-126.
10. Peterson A., Guardabassi L., Olsen J. E. Selektion for antibiotika resistens i *Acinetobacter* spp. i spildevand. *Dan. Veterinaertidsskr.*, 2000, vol. 83, no. 7, pp. 6-9.
11. Pivovarov Iu. P., Korolik V. V. *Sanitarno-znachimye mikroorganizmy* [Sanitary-significant microorganisms]. Moscow, IKAR Publ., 2000. 267 p.
12. Kuz'menko S. A., Shmakova M. A., Shternis T. A. i dr. Zakonomernosti epidemicheskogo protsessa infektsii, svyazannykh s okazaniem meditsinskoi pomoshchi, vyzvannykh bakteriiami rodov *Klebsiella* i *Acinetobacter* u detei [Regularities of epidemic process of infections associated with provision of medical care caused by bacteria *Klebsiella* and *Acinetobacter* in children]. *Tikhookanskiy meditsinskiy zhurnal*, 2018, no. 3 (73), pp. 83-86.
13. De Vos D., Pirnay J. P., Bilocq E. et al. Molecular epidemiology and clinical impact of *Acinetobacter calcoaceticus* – baumannii complex in a Belgian Burn Wound Center. *PloSONE*, 2016, vol. 11, no. 5, e0156237.
14. Dramowski A., Aucamp M., Bekker A. et al. Infections diseases exposures and outbreaks at a South African neonatal unit with review neonatal outbreak epidemiology in Africa. *Int. J. Infect. Dis.*, 2017, vol. 57, pp. 79-85.
15. Shaginian I. A., Chernukha M. Iu. Nefermentiruiushchie gramotritsatel'nye bakterii v etiologii vnutribol'nichnykh infektsii: klinicheskie, mikrobiologicheskie i epidemiologicheskie osobennosti [Non-fermenting gram-negative bacteria in etiology of nosocomial infections: clinical, microbiological and epidemiological features]. *Klinicheskaiia mikrobiologiia i antimikrobnaiia khimioterapiia*, 2005, vol. 7, no. 3, pp. 271-285.
16. Zhilina S. V., Mironov A. Iu., Polikarpov S. V. Atsinetobakterii pri infektsiiakh kozhi i miagkikh tkanei [Acinetobacteria in infected skin and soft tissue]. *Chelovek i ego zdorov'e. Kurskii nauchno-prakticheskii vestnik*, 2007, no. 4, pp. 45-56.

17. Gordinskaia N. A., Sabirova E. V., Abramova N. V. i dr. Osobennosti nozokomial'nykh shtammov *Acinetobacter* spp. v travmatologicheskoi klinike [Characteristics of nosocomial strains of *Acinetobacter* spp. in traumatology]. *Klinicheskaiia mikrobiologiia i antimikrobnaiia khimioterapiia*, 2013, vol. 15, no. 2, pp. 143-146.
18. Noskova O. A., Anganova E. V., Gvak G. V., Savilov E. D. Epidemicheskie aspekty sepsisa [Epidemic aspects of sepsis]. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*, 2018, no. 5, pp. 121-126.
19. Selivanova E. A., Khlopko Iu. A., Plotnikov A. O. Detektsiia potentsial'no patogennykh bakterii v solonovatykh rekakh Priel'ton'ia metodom vysokoproizvoditel'nogo sekvenirovaniia [Detection of potentially pathogenic bacteria in brackish rivers of Elton by high-throughput sequencing]. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*, 2018, no. 4, pp. 87-95.
20. Joly Guillou M. L. Clinical impact and pathogenicity of *Acinetobacter*. *Clin. Microbiol. Infect.*, 2005, vol. 11, pp. 868-873.
21. Gao Feng, Wang Yue, Liu Yan-Jie. Genome sequence of *Acinetobacter baumannii*. *J. Bacteriol.*, 2011, vol. 193, no. 9, pp. 2365-2366.
22. Lartseva L. V. Ryby i drugie gidrobionty – rezerventy gramnegativnoi nefermentiruiushchei mikroflory. Ee sanitarno-epizooticheskaia i epidemiologicheskaiia znachimost' [Fishes and other aquatic organisms - reserves of gram-negative non-fermenting microflora. Its sanitary-epizootic and epidemiological significance]. *Informpaket «Rybnoe khoz-vo». Seriia: Akvakul'tura*, 1997, no. 1, pp. 1-27.
23. Dolganova N. V., Pershina E. V., Khasanova Z. K. *Mikrobiologiia ryby i rybnykh produktov* [Microbiology of fish and fish products]. Moscow, Mir Publ., 2005. 224 p.
24. Nemtsova N. V. Gidrobiotsenozy – model'naia sistema assotsiativnogo simbioza [Hydrobiocenoses as model system of associative symbiosis]. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*, 2015, no. 4, pp. 49-54.
25. Shul'gina L. V., Zagorodnaia G. I., Shul'gin Iu. P., Byval'tseva T. M., Galkina L. M. Mikroflora dal'nevostochnykh morei i ee vliianie na produktsiiu iz promyslovykh ob'ektov [Microflora of Far Eastern seas and its influence on production from commercial objects]. *Gigiena i sanitariia*, 1995, no. 1, pp. 14-16.
26. Larpent J. P. Microbiologie et aliments. *Ind. alim. et agr.*, 2000, vol. 117, no. 6, pp. 47-58.
27. Miurrei R., Kouen S., Dzh. Liston Dzh. i dr. *Kratkii opredelitel' bakterii Bergi* [Brief guide to Bergi Bacteria]. Pod redaktsiei Dzh. Khoulta. Moscow, Mir Publ., 1980. 495 p.
28. Berkli R. i dr. *Opredelitel' bakterii Bergi: v 2 t.* [Determinator of Bergi bacteria: in 2 Vol.]. Pod redaktsiei Dzh. Khoulta i dr. Moscow, Mir Publ., 1997. Vol. 1. 432 p.
29. Bukharin O. V. Ot persistentsii k simbiozu [From persistence to symbiosis]. *Mikrobiologiia*, 2012, no. 4, pp. 4-9.
30. Metallov G. F. *Fiziologo-biokhimicheskie mekhanizmy ekologo-adaptatsionnoi plastichnosti osmoreguliruiushchei sistemy osetrovnykh ryb. Avtoreferat dissertatsii ... d-ra biol. nauk* [Physiological and biochemical mechanisms of ecological and adaptive plasticity of osmoregulating system of sturgeon fishes. Diss. Abstr. ... Dr. Bio. Sci.]. Astrakhan', 2002. 46 p.

The article submitted to the editors 19.01.2021

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Olga V. Obukhova** – Candidate of Biology; Assistant Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; obuhova-ov@yandex.ru.

**Lyubov V. Lartseva** – Doctor of Biology; Professor of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; Russia, 414056, Astrakhan; lartseva\_lv@mail.ru.

