

УДК 579.843.2: 627.12

**AEROMONAS SALMONICIDA - ИНДИКАТОР АНТРОПОГЕННОЙ
ТРАНСФОРМАЦИИ РОДНИКОВЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА****Морозова Марина Александровна,**кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник,
ФБУН «Ростовский научно-исследовательский институт микробиологии и паразитологии»
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия
человека
e-mail: morozova.q@mail.ru**Шадрин Филипп Станиславович,**младший научный сотрудник,
ФБУН «Ростовский научно-исследовательский институт микробиологии и паразитологии»
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия
человека
e-mail: filipp.shadrin@yandex.ru**Аннотация**

В статье представлены данные по обнаружению бактерий *Aeromonas salmonicida* в родниках г. Ростова-на-Дону. Данный вид, официально признанный психрофильным патогеном рыб, но способный вызывать инфекции у иммунокомпрометированных лиц, был выявлен в 6 источниках (27,3 %) с концентрацией от 1,8 до 7000 КОЕ/100 мл. Родник «Гремучий», один из популярных у населения и благоустроенных водных объектов города, характеризовался наиболее высокой минерализацией (3,55 г/л), отсутствием санитарно-показательных микроорганизмов и минимальным содержанием аэромонад, что отражает высокую гидрогеологическую защищённость его водоносного горизонта. В остальных 5 из 6 родников были обнаружены колиформные бактерии, *Escherichia coli* и энтерококки. В свою очередь, споры сульфитредуцирующих клостридий выявлены только в родниках Западного жилого массива, расположенных в зоне частной застройки с децентрализованным водоотведением. Источники Северного жилого массива отличались гидрокарбонатным составом воды с низкой минерализацией (до 1,51 г/л) и максимальной концентрацией аэромонад. Молекулярно-генетический скрининг изолятов *A. salmonicida* выявил высокую частоту детекции генов β -лактамаз расширенного спектра (blaCTX-M, blaTEM, blaSHV), метициллин-резистентности (mecA) и карбапенемаз (blaNDM, blaOXA-51-like). Обнаружение *A. salmonicida* в родниках в условиях мегаполиса это прямое свидетельство сочетания двух факторов: наличия благоприятных температурных условий для этого вида и системного антропогенного воздействия – инфильтрации сточных вод в подземные источники.

Ключевые слова: *Aeromonas salmonicida*, родники, гены антибиотикорезистентности, санитарно-показательные микроорганизмы, Ростов-на-Дону, подземный источник.

AEROMONAS SALMONICIDA - AN INDICATOR OF ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF SPRING WATERS IN A MEGACITY ENVIRONMENT

Morozova Marina Aleksandrovna,

Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher,

«Rostov Research Institute of Microbiology and Parasitology» Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing

e-mail: morozova.q@mail.ru

Shadrin Philipp Stanislavovich,

junior researcher,

«Rostov Research Institute of Microbiology and Parasitology» Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing

e-mail: filipp.shadrin@yandex.ru

ABSTRACT

This article presents the results of a study on the occurrence of *Aeromonas salmonicida* in springs of Rostov-on-Don. This species, formally recognized as a psychrophilic fish pathogen but also capable of causing infections in immunocompromised individuals, was detected in 6 out of 22 springs (27.3%), with concentrations ranging from 1.8 to 7000 CFU/100 mL. The «Gremuchiy» spring, one of the city's most popular and well-maintained water sources, exhibited the highest mineralization (3.55 g/L), an absence of sanitary-indicator microorganisms, and the minimum *Aeromonas* count, indicating a high degree of hydrogeological protection of its aquifer. In the remaining five springs, coliform bacteria, *Escherichia coli*, and enterococci were detected. Notably, spores of sulfite-reducing clostridia were found exclusively in springs of the Western Residential Area, located within a private housing zone with decentralized wastewater disposal. Springs in the Northern Residential Area were characterized by hydrocarbonate water composition with low mineralization (up to 1.51 g/L) and the maximum *Aeromonas* concentrations. Molecular genetic screening of *A. salmonicida* isolates revealed a high frequency of detection of genes encoding extended-spectrum β -lactamases (blaCTX-M, blaTEM, blaSHV), methicillin resistance (mecA), and carbapenemases (blaNDM, blaOXA-51-like). The detection of *A. salmonicida* in urban springs provides direct evidence of the combined effect of two factors: favorable temperature conditions for this species and systemic anthropogenic pressure via wastewater infiltration into groundwater sources.

Keywords: *Aeromonas salmonicida*, springs, antibiotic resistance genes, sanitary-indicator microorganisms, Rostov-on-Don, groundwater.

Вид *Aeromonas salmonicida* – грамотрицательная палочка, не ферментирующая лактозу, является бактериальным патогеном, вызывающим фурункулез у атлантического лосося (*Salmo salar*), поверхностные язвенные заболевания у карпа (*Cyprinus carpio*), золотой рыбки (*Carassius auratus*) и камбалы (*Platichthys flesus*), а также геморрагическую септицемию у чернопёрой рифовой акулы (*Carcharhinus melanopterus*) [1-3]. Вид широко распространён в пресных, солоноватых и морских водах по всему миру – в Японии, Корее,

США, Канаде, на Сахалине, Камчатке и в других регионах [4]. *A. salmonicida* можно разделить на пять признанных подвигов, в том числе традиционно психрофильные (подвид *salmonicida*, *achromogenes* и *smithia*), мезофильные (подвид *pectinolytica*), а также штаммы, ведущие промежуточный образ жизни (*subsp. masoucida*) [5]. Согласно данным, *A. salmonicida subsp. salmonicida* включает в себя как мезофильные, так и психрофильные штаммы бактерий [6]. Инфекции, вызванные *Aeromonas salmonicida* в аквакультуре, ранее лечили с помощью антибиотиков, таких как окситетрациклин, флорфеникол, флумеквин и энрофлоксацин, которые вводились в виде инъекций или добавлялись в корм. Факторы вирулентности, включая внешнюю белковую оболочку и пили, обеспечивают колонизацию и развитие бактериемии у гидробионтов [7]. Однако появление устойчивых к антибиотикам штаммов и долгосрочные риски для окружающей среды, связанные с чрезмерным использованием антибиотиков, снижают их эффективность борьбы с *A. salmonicida* в аквакультуре [8]. Способность изолятов выживать в мезофильных условиях значительно расширяет экологические ниши, что подтверждается обнаружением патогена в продуктах питания в Италии [9] и замороженной рыбе в Мексике [10]. Кроме того, *A. salmonicida* обнаруживается в сточных и поверхностных водах, солёных лагунах, а также в колодцах с пресной водой [11].

По сравнению с психрофильным подвигом, который уже давно изучен, исследование мезофильных *A. salmonicida* было проведено сравнительно недавно, в 2008 г. появились первые сообщения об их выделении от людей [12]. Описанные клинические случаи подтверждают потенциальную патогенность для человека: микроорганизм выделен из кала пациентов с диареей после употребления заражённой пищи, описан перитонит у пациента на диализе после употребления рыбы [13] и бактериемия у иммунокомпрометированного мужчины, употреблявшего колодезную воду [14]. Наряду с клинической значимостью, активно изучаются молекулярные механизмы патогенности и вирулентности этого микроорганизма. Установлена роль пилей I типа в колонизации хозяина [15], а также идентичность профилей вирулентности природных и клинических штаммов, способных вызывать тяжелые системные инфекции [16]. Определены конъюгативные плазмиды, несущие гены устойчивости к тетрациклинам (*tet(A)*, *tet(D)*), хлорамфениколу и флорфениколу (*floR*). Плазмиды семейства *pRAS* также вносят вклад в распространение генов антибиотикорезистентности (ARG) [17]. В штамме FN1 обнаружен геномный остров GEI-FN1A, содержащий гены устойчивости к аминогликозидам (*aph(6)*, *aph(3'')*, *aac(3)*), триметоприму (*dhfrB4*), хлорамфениколу (*catB3*, *floR*), тетрациклинам (*tetR*, *tet(A)*), макролидам (*mphR(A)*, *mrx(A)*, *mph(A)*) и сульфаниламидам (*sul1*), а также гены, обеспечивающие горизонтальный перенос [18]. Анализ ~400 геномов *Aeromonas* показал, что ~25% штаммов несут гены *sul1*, *tet(A)* или *tet(D)*, при этом их доля в водной среде возрастает, что подтверждает роль *A. salmonicida* как резервуара и вектора ARG в подземных и поверхностных водах [19].

Материал и методы.

Объекты исследования – 22 родника, расположенные на территории г. Ростова-на-Дону. Отбор проб воды осуществляли в период 2025-2026 гг. в соответствии с требованиями ГОСТ Р 59024-2020, ГОСТ 31942-2012.

Микробиологический анализ включал выделение и идентификацию штаммов *Aeromonas salmonicida*, а также согласно МУК 4.2.3963-23 определение нормируемых микробиологических показателей: общего микробного числа (ОМЧ), обобщенных колиформных бактерий (ОКБ), *Escherichia coli*, энтерококков, спор сульфитредуцирующих клостридий (СРК). Видовую идентификацию и таксономическую классификацию бактерий определяли микробиологическими методами на основе определителей бактерий «Определитель бактерий Берджи» (1997), on-line международной информационной базе

данных «Advanced Bacterial Identification Software», с использованием питательных, дифференциальных и хромогенных сред, диагностических наборов и коммерческих тест-систем, а также методом времяпролетной масс-спектрометрии с матрично-активированной лазерной десорбцией/ионизацией (MALDI-TOF MS) на автоматизированной системе Autoflex speed III (Bruker Daltonics, Германия) с использованием программного обеспечения Biotyper.

Выделение нуклеиновых кислот проводили из инокулятов суточных бактериальных культур аэромонад с использованием коммерческого набора реагентов «РИБО-преп» (АмплиСенс, Россия) для экстракции РНК/ДНК из клинического материала. Детекцию генов антибиотикорезистентности (АРГ) осуществляли методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) с применением коммерческого набора реагентов «БакРезиста GLA» (АмплиСенс, Россия), позволяющего идентифицировать 14 генетических детерминант: *IMP*, *CTX-M-1*, *VanA/B*, *OXA-48-like*, *VIM*, *OXA-23-like*, *SHV*, *OXA-51-like*, *TEM*, *mecA*, *OXA-40-like*, *KPC*, *NDM*, *GES*.

Гидрохимический анализ выполнен методом капиллярного электрофореза в соответствии с ПНД Ф 14.1:2:4.157-99 с количественным определением содержания анионов. Использовали следующие нормативно-методические документы: Методические указания по определению катионно-анионного состава грунтовых и поливных вод, ГОСТ 31869 «Вода. Методы определения содержания катионов с использованием капиллярного электрофореза», ГОСТ 31867 «Вода питьевая. Определение содержания анионов методом хроматографии и капиллярного электрофореза». Общую минерализацию (сухой остаток) определяли гравиметрическим методом, водородный показатель (рН) – потенциометрически. Расчет эквивалентного соотношения ионного состава выражали в %-экв. по стандартным методикам

Результаты исследования.

Изоляты *Aeromonas salmonicida* обнаружены в 6 из 22 исследованных родников (27,3 %), что свидетельствует об их присутствии в водоносных горизонтах, однако не носит повсеместного характера. Концентрация аэромонад варьировала в широких пределах – от $2,1 \pm 0,3$ КОЕ/100 мл (родник «Гремучий») до 4700 ± 2300 КОЕ/100 мл (Можайский родник и родник «1179-го Стрелкового полка») При этом родник «Гремучий» (также известный как Гремучка, или Святой источник Донской иконы Божией Матери) один из наиболее многоводных и благоустроенных источников г. Ростова-на-Дону (рис. 1), официально признанный памятником природы местного значения, оказался единственным родником в Железнодорожном районе, где санитарно-показательные микроорганизмы (СПМ) отсутствовали. Напротив, споры сульфитредуцирующих клостридий обнаружены в родниках «НЖД-37» и безымянном роднике в пер. Урицкого, что указывает на длительное и систематическое поступление сточных вод в эти водоносные горизонты. Источники расположены в Железнодорожном районе с локацией в низине: оба источника выклиниваются у подножия геоморфологических склонов (балок): «НЖД-37» на самом берегу р. Дон, а безымянный родник – на склоне балки, ведущей к реке Темерник (рис. 2). Выше обоих родников расположены плотные кварталы частного сектора (Ленгородок и окраины Западного жилого массива). Значительная часть старой индивидуальной жилой застройки исторически не имеет подключения к централизованной системе городской канализации.

В контексте бактериальной индикации антропогенного загрязнения родниковых вод города Ростова-на-Дону, исследование Зубцова В.С. и Шадрина Ф.С. (2026) показало, что 45,4 % не соответствуют гигиеническим нормативам по трём микробиологическим показателям (*E. coli*, энтерококки, споры сульфитредуцирующих клостридий), при этом

фекальное загрязнение наиболее выражено в районах без централизованной канализации [20].



Рис. 1 – Родник «Гремучий» (фото авторов)



а



б

Рис. 2 – Родники в Железнодорожном районе:

а – родник НЖД-37, б – родник в пер. Урицкого (фото авторов)

Исследуемые родники характеризовались различными гидрохимическими типами вод, что отражает неоднородность геолого-гидрогеологических условий в разных районах города. Гидрокарбонатный состав родника «1179-го Стрелкового полка» с низкой минерализацией (1,51 г/л) указывают на питание из верхних водоносных горизонтов, подверженных интенсивному поверхностному загрязнению, что коррелирует с высокой микробной нагрузкой (табл. 1). Родник Серафима Саровского (рис. 3) (минерализация 3,42 г/л), напротив, по составу близок к родникам ЗЖМ, что может указывать на разгрузку более глубоких горизонтов на территории Северного жилого массива.

Таблица 1 – Микробиологические и гидрохимические показатели родниковой воды с количественным определением *Aeromonas salmonicida*

№	Название родника	A. salmonicida КОЕ/100 мл	Несоответствие по микробиологическим показателям	Тип воды
1	«Гремучий»	2,1±0,3	–	Сульфатная натриево-кальциево-магниевая

				вода повышенной минерализации
2	«НЖД-37»	210±30	ОМЧ, ОКБ, E. coli, энтерококки, споры СРК	Сульфатная кальциево-натриевая слабосолоноватая вода
3	Источник в пер. Урицкого	1211±1188	ОМЧ, ОКБ, E. coli, энтерококки, споры СРК	Сульфатно-гидрокарбонатному кальциево-натриевая
4	«Серафима Саровского»	12,5±10,2	ОКБ, E. coli	Сульфатная натриево-кальциево-магниевая вода повышенной минерализации
5	Можайский родник №1	4700±2300	ОКБ, E. coli, энтерококки	Гидрокарбонатно-сульфатная кальциево-магниевая
6	«1179-го Стрелкового полка»	4700±2300	ОМЧ, ОКБ, E. coli, энтерококки	Гидрокарбонатная натриево-кальциевая



Рисунок 3 – Родник Серафима Саровского (фото авторов)

Геолого-гидрогеологические условия районов отбора проб оказывают определяющее влияние на формирование химического состава и степень микробиологической уязвимости родниковых вод мегаполиса. В урбаноземах исследуемых территорий фиксируются избыточные концентрации нитратов и высокие индексы санитарно-показательных микроорганизмов. Основными причинами деградации почвенного покрова служат регулярные утечки из изношенных муниципальных канализационных сетей. Кроме того, почвы СЖМ подвержены интенсивному антропогенному защелачиванию вследствие высокой концентрации строительных отходов. В антропогенно-преобразованных почвах отмечено значительное превышение ПДК бензапирена (до 400 нг/г) [21-23]. Влияние данных почвенно-геохимических аномалий на подземную гидросферу тесно детерминировано пространственной дифференциацией рельефа и литологического строения городских территорий. Западный жилой массив, расположенный на плиоценовой террасе р. Дон с глубоким залеганием грунтовых вод и дренажем через водопроницаемые хапровские пески, характеризуется относительной стабильностью гидрохимического режима и более высокой естественной защищенностью водоносных горизонтов. Напротив, Северный жилой массив, приуроченный к понтическому плато с глубоким эрозийным

врезом долины р. Темерник и мощной толщей урбанозёмов, отличается повышенной гидродинамической нестабильностью [24, 25], что способствует интенсивному нисходящему переносу загрязняющих веществ и ускоренной деградации качества родникового стока.

Антропогенное загрязнение водоносных горизонтов мегаполиса закономерно сопровождается распространением ARG, что подтверждается высокой частотой детекции детерминант устойчивости к β -лактамазам расширенного спектра (БЛРС). Наиболее распространенными ARG среди изолированных штаммов аэромонад оказались гены СТХ-М-1 (93,3%), TEM (80,0%), SHV (80,0%), обеспечивающие устойчивость к цефалоспорином и пенициллинам. Также *mecA* определен у 12 из 15 исследованных штаммов (табл. 2), наличие которого указывает на потенциальную устойчивость микроорганизмов к метициллину и иным β -лактамным антибиотикам. Обнаружение OXA-51-like, NDM, OXA-23-like, KPC, VIM этих ARG указывает на формирование потенциальной устойчивости к карбапенемам. Вариация профилей ARG у выделенных штаммов аэромонад представлена на рисунке 4.

Таблица 2 – Частота детекции ARG у штаммов *A. salmonicida*

ARG	Число штаммов (n=15)	Частота детекции, %
ctx-m1	14	93,3
TEM	12	80
shv	12	80
mec A	12	80
oxa-51-like	5	33,3
ndm	4	26,7
oxa-23-like	2	13,3
kpc	1	6,7
vim	1	6,7
oxa-40-like	1	6,7
ges	0	0
oxa-48-like	0	0
imp	0	0
vanA/B	0	0

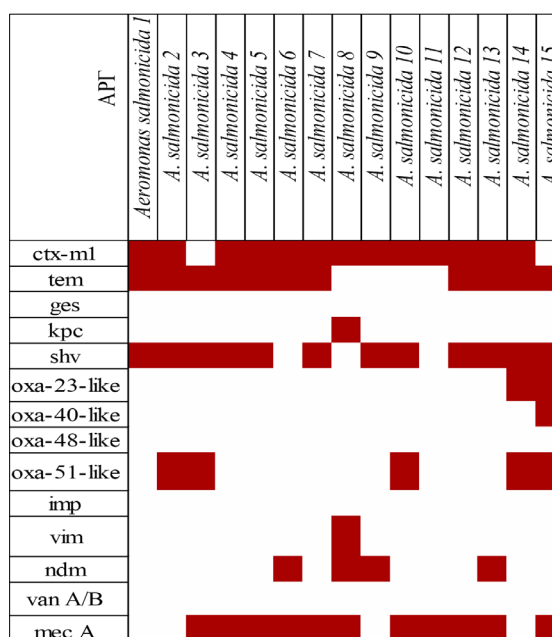


Рисунок 4 – Вариация ARG у выделенных штаммов *A. salmonicida*

Выводы: Бактерии вида *Aeromonas salmonicida* обнаружены в 6 родниках г. Ростова-на-Дону (27,3 %), что подтверждает их присутствие в водоносных горизонтах урбанизированной территории, но указывает на локальный, а не повсеместный характер распространения. Концентрация аэромонад варьировала в диапазоне от минимальных значений $2,1 \pm 0,3$ КОЕ/100 мл (родник «Гремучий») до высоких – 4700 ± 2300 КОЕ/100 мл (родники Можайский и «1179-го Стрелкового полка»).

Родник «Гремучий», имеющий официальный статус памятника природы местного значения, оказался единственным исследованным источником, в котором санитарно-показательные микроорганизмы отсутствовали. Данный объект характеризуется максимальным уровнем минерализации (3,55 г/л), сульфатным натриево-кальциево-магниевым типом воды и минимальной концентрацией *A. salmonicida*, что в совокупности отражает высокую гидрогеологическую защищённость водоносного горизонта. В 5 из 6 родников, положительных на *A. salmonicida*, выявлены санитарно-показательные микроорганизмы (ОКБ, *E. coli*, энтерококки). Споры СРК, являющиеся индикатором хронического фекального загрязнения, обнаружены исключительно в родниках «НЖД-37» и в пер. Урицкого, расположенных в зоне частной застройки с децентрализованным водоотведением ЗЖМ, что указывает на длительное и систематическое поступление сточных вод.

Молекулярно-генетический скрининг 15 штаммов *A. salmonicida* выявил высокую частоту детекции генов β -лактамаз расширенного спектра: blaCTX-M-1 (93,3 %), blaTEM (80,0 %), blaSHV (80,0 %), а также гена метициллин-резистентности mecA (80,0 %). Детекция генов карбапенемаз (bla NDM, bla OXA-51-like, blaOXA-23-like, blaKPC, blaVIM) свидетельствует о формировании потенциальной устойчивости к антибактериальным препаратам резерва.

Обнаружение *A. salmonicida* подтверждает, что родники на территории мегаполиса выступают резервуаром детерминант множественной лекарственной устойчивости, что создаёт прямые санитарно-эпидемиологические риски для населения, особенно для иммунокомпрометированных лиц. Бесконтрольное использование родниковой воды в питьевых целях без предварительной водоподготовки и систематического лабораторного контроля является недопустимым.

Список литературы:

1. Review of disease interactions and pathogen exchange between farmed and wild finfish and shellfish in Europe / R. Raynard, T. Wahli, I. Vatsos, S. Mortensen; DIPNET (Ed.). 2007. 459 p. Электронный ресурс. URL: <http://www.dipnet.info/docs/doc.asp?id=48> (дата обращения: 07.06.2026).
2. Wiklund T, Dalsgaard I. Occurrence and significance of atypical *Aeromonas salmonicida* in non-salmonid and salmonid fish species: A review // Diseases of Aquatic Organisms. 1998. Vol. 32. P. 49-69. DOI: 10.3354/dao032049
3. Haemorrhagic septicaemia by *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* in a black-tip reef shark (*Carcharhinus melanopterus*) / V. Briones, A. Fernández, M. Blanco, F. Ramiro, M. L. de Vicente, J. García, J. Méndez, J. Goyache // Zentralbl Veterinarmed B. 1998. Vol. 45, № 7. P. 443-445. DOI: 10.1111/j.1439-0450.1998.tb00814.x
4. Austin B., Austin D.A. Characteristics of the pathogens: Gram-negative bacteria // Bacterial Fish Pathogens / ed. by B. Austin, D.A. Austin. – 4th ed. – Dordrecht : Springer, 2007. (Springer Praxis Books). DOI: 10.1007/978-1-4020-6069-4_4
5. Pavan M.E., Abbott S.L., Zorzópulos J. *Aeromonas salmonicida* subsp. *pectinolytica* subsp. nov., a new pectinase-positive subspecies isolated from a heavily polluted river //

- International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 2000. Vol. 50, № 3. P. 1119-1124.
6. Attéré S.A., Gagné-Thivierge C., Paquet V.E., et al. *Aeromonas salmonicida* isolates from Canada demonstrate wide distribution and clustering among mesophilic strains // *Genome*. 2023. Vol. 66. P. 108-115.
 7. Dallaire-Dufresne S., Tanaka K.H., Trudel M.V., et al. Virulence, genomic features, and plasticity of *Aeromonas salmonicida*, the causative agent of fish furunculosis // *Veterinary Microbiology*. 2014. Vol. 169, № 1/2. P. 1-7.
 8. Ferri G., Lauteri C., Vergara A. Antibiotic resistance in the finfish aquaculture industry: A review // *Antibiotics*. 2022. Vol. 11, № 11. P. 1574. DOI: 10.3390/antibiotics11111574
 9. Ottaviani D., Leoni F., Rocchegiani E., et al. Putative virulence properties of *Aeromonas* strains isolated from food, environmental and clinical sources in Italy: a comparative study // *International Journal of Food Microbiology*. 2011. Vol. 144, № 3. P. 538-545.
 10. Castro-Escarpulli R., Figueras M.J., Aguilera-Arreola G., et al. Isolation and characterization of *Aeromonas* species from frozen fish samples in Mexico // *International Journal of Food Microbiology*. 2003. Vol. 84, № 1. P. 41-49.
 11. Reyes-Rodríguez N.E., Talavera-González J.M., de-Anda F.R.G., et al. *Aeromonas*, an opportunistic pathogen present in wastewater in Tulancingo, Mexico // *Journal of Water and Health*. 2025. Vol. 23, № 3. P. 336-349.
 12. Vincent A.T., Fernández-Bravo A., Sanchis M., et al. Investigation of the virulence and genomics of *Aeromonas salmonicida* strains isolated from human patients // *Infection, Genetics and Evolution*. 2019. Vol. 68. P. 1-9.
 13. Rhodes G., Huys G., Swings J., McGann P. Distribution of oxytetracycline resistance plasmids between aeromonads in hospital and aquaculture environments: implication of Tn 1721 in dissemination of the tetracycline resistance determinant tet(A) // *Applied and Environmental Microbiology*. 2000. Vol. 66. P. 3883-3890.
 14. Moore C.A., Khalid M.F., Patel P.D., Goldstein J.S. *Aeromonas salmonicida* bacteremia associated with chronic well water consumption in a patient with diabetes // *Journal of Global Infectious Diseases*. 2017. Vol. 9, № 2. P. 82-84. DOI: 10.4103/jgid.jgid_147_16
 15. Dacanay A., Boyd J.M., Fast M.D., Knickle L.C., Reith M.E. *Aeromonas salmonicida* type I pilus system contributes to host colonization but not invasion // *Diseases of Aquatic Organisms*. 2010. Vol. 88. P. 199-206. DOI: 10.3354/dao02157
 16. Sechi L.A., Deriu A., Falchi M.P., Fadda G., Zanetti S. Distribution of virulence genes in *Aeromonas* spp. isolated from Sardinian waters and from patients with diarrhoea // *Journal of Applied Microbiology*. 2002. Vol. 92. P. 221-227. DOI: 10.1046/j.1365-2672.2002.01522.x
 17. Girard S.B., Marcoux P.-É., Paquet V.E., Zoubai S., Can T.N.V., Attéré S.A., Vincent A.T., Charette S.J. Expansion of the tetracycline resistome in *Aeromonas salmonicida* with a tet(D) gene found in plasmids pAsa-2900 and pAsa-2900b // *Frontiers in Bacteriology*. 2024. Vol. 3. P. 1418706. DOI: 10.3389/fbri.2024.1418706
 18. Xie X., Ren Z., Wang R., Tian K., Huang X., Lyu Y., Cao G., Fu J. Mobile genomic island GEI-FN1A in *Aeromonas salmonicida* FN1 contributes to the spread of antibiotic-resistance

- genes // Current Microbiology. 2025. Vol. 82, № 8. P. 345. DOI: 10.1007/s00284-025-04327-6
19. Vincent A.T., Hosseini N., Charette S.J. The *Aeromonas salmonicida* plasmidome: a model of modular evolution and genetic diversity // Annals of the New York Academy of Sciences. 2021. Vol. 1488, № 1. P. 16-32. DOI: 10.1111/nyas.14503
20. Зубцов В.С., Шадрин Ф.С. Бактериальные индикаторы фекального загрязнения, выделенные в родниках г. Ростова-на-Дону // Оригинальные исследования. 2026. Т. 16, № 6. С. 189-196.
21. Иванов Ф.Д., Горовцов А.В. Характеристика микробных сообществ почв г. Ростова-на-Дону с разным уровнем антропогенной нагрузки // Вклад молодых ученых Южного макрорегиона в реализацию стратегии развития Российской Федерации: цели, задачи, результаты : тезисы докладов, Ростов-на-Дону, 15-26 апреля 2019 года. Ростов-на-Дону : Южный научный центр РАН, 2019. С. 21.
22. Пуликова Е.П., Иванов Ф.Д., Лацынник Е.С., [и др.]. Новые подходы к оценке трансформации микробных сообществ в поверхностных горизонтах почв г. Ростова-на-Дону // Почвоведение. 2025. № 5. С. 651-662. DOI: 10.7868/s3034561825050083
23. Иванов Ф.Д., Горовцов А.В. Сезонная динамика численности микроорганизмов в естественных и антропогенно-преобразованных почвах г. Ростова-на-Дону // Генетика – фундаментальная основа инноваций в медицине и селекции : материалы VIII научно-практической конференции с международным участием, Ростов-на-Дону, 26-29 сентября 2019 года. Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2019. С. 121-123.
24. Гридневский А.В. Концептуальная модель геофильтрации приустьевой части реки Темерник г. Ростова-на-Дону / А.В. Гридневский // Инженерный вестник Дона. 2018. № 3 (50). С. 104.
25. Гридневский А.В. Геологические опасности жилищной застройки участка плиоценовой террасы города Ростова-на-Дону // Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий. 2023. Т. 2, № 2. С. 6-18.

References:

1. Review of disease interactions and pathogen exchange between farmed and wild finfish and shellfish in Europe / R. Raynard, T. Wahli, I. Vatsos, S. Mortensen; DIPNET (Ed.). 2007. 459 p. Электронный ресурс. URL: <http://www.dipnet.info/docs/doc.asp?id=48> (дата обращения: 07.06.2026).
2. Wiklund T, Dalsgaard I. Occurrence and significance of atypical *Aeromonas salmonicida* in non-salmonid and salmonid fish species: A review // Diseases of Aquatic Organisms. 1998. Vol. 32. P. 49-69. DOI: 10.3354/dao032049
3. Haemorrhagic septicemia by *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* in a black-tip reef shark (*Carcharhinus melanopterus*) / V. Briones, A. Fernández, M. Blanco, F. Ramiro, M. L. de Vicente, J. García, J. Méndez, J. Goyache // Zentralbl Veterinarmed B. 1998. Vol. 45, № 7. P. 443-445. DOI: 10.1111/j.1439-0450.1998.tb00814.x

4. Austin B., Austin D.A. Characteristics of the pathogens: Gram-negative bacteria // *Bacterial Fish Pathogens* / ed. by B. Austin, D.A. Austin. – 4th ed. – Dordrecht : Springer, 2007. (Springer Praxis Books). DOI: 10.1007/978-1-4020-6069-4_4
5. Pavan M.E., Abbott S.L., Zorzópulos J. *Aeromonas salmonicida* subsp. *pectinolytica* subsp. nov., a new pectinase-positive subspecies isolated from a heavily polluted river // *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 2000. Vol. 50, № 3. P. 1119-1124.
6. Attéré S.A., Gagné-Thivierge C., Paquet V.E., et al. *Aeromonas salmonicida* isolates from Canada demonstrate wide distribution and clustering among mesophilic strains // *Genome*. 2023. Vol. 66. P. 108-115.
7. Dallaire-Dufresne S., Tanaka K.H., Trudel M.V., et al. Virulence, genomic features, and plasticity of *Aeromonas salmonicida*, the causative agent of fish furunculosis // *Veterinary Microbiology*. 2014. Vol. 169, № 1/2. P. 1-7.
8. Ferri G., Lauteri C., Vergara A. Antibiotic resistance in the finfish aquaculture industry: A review // *Antibiotics*. 2022. Vol. 11, № 11. P. 1574. DOI: 10.3390/antibiotics11111574
9. Ottaviani D., Leoni F., Rocchegiani E., et al. Putative virulence properties of *Aeromonas* strains isolated from food, environmental and clinical sources in Italy: a comparative study // *International Journal of Food Microbiology*. 2011. Vol. 144, № 3. P. 538-545.
10. Castro-Escarpulli R., Figueras M.J., Aguilera-Arreola G., et al. Isolation and characterization of *Aeromonas* species from frozen fish samples in Mexico // *International Journal of Food Microbiology*. 2003. Vol. 84, № 1. P. 41-49.
11. Reyes-Rodríguez N.E., Talavera-González J.M., de-Anda F.R.G., et al. *Aeromonas*, an opportunistic pathogen present in wastewater in Tulancingo, Mexico // *Journal of Water and Health*. 2025. Vol. 23, № 3. P. 336-349.
12. Vincent A.T., Fernández-Bravo A., Sanchis M., et al. Investigation of the virulence and genomics of *Aeromonas salmonicida* strains isolated from human patients // *Infection, Genetics and Evolution*. 2019. Vol. 68. P. 1-9.
13. Rhodes G., Huys G., Swings J., McGann P. Distribution of oxytetracycline resistance plasmids between aeromonads in hospital and aquaculture environments: implication of Tn 1721 in dissemination of the tetracycline resistance determinant tet(A) // *Applied and Environmental Microbiology*. 2000. Vol. 66. P. 3883-3890.
14. Moore C.A., Khalid M.F., Patel P.D., Goldstein J.S. *Aeromonas salmonicida* bacteremia associated with chronic well water consumption in a patient with diabetes // *Journal of Global Infectious Diseases*. 2017. Vol. 9, № 2. P. 82-84. DOI: 10.4103/jgid.jgid_147_16
15. Dacanay A., Boyd J.M., Fast M.D., Knickle L.C., Reith M.E. *Aeromonas salmonicida* type I pilus system contributes to host colonization but not invasion // *Diseases of Aquatic Organisms*. 2010. Vol. 88. P. 199-206. DOI: 10.3354/dao02157
16. Sechi L.A., Deriu A., Falchi M.P., Fadda G., Zanetti S. Distribution of virulence genes in *Aeromonas* spp. isolated from Sardinian waters and from patients with diarrhoea // *Journal of Applied Microbiology*. 2002. Vol. 92. P. 221-227. DOI: 10.1046/j.1365-2672.2002.01522.x
17. Girard S.B., Marcoux P.-É., Paquet V.E., Zoubäi S., Can T.N.V., Attéré S.A., Vincent A.T., Charette S.J. Expansion of the tetracycline resistome in *Aeromonas salmonicida* with a

- tet(D) gene found in plasmids pAsa-2900 and pAsa-2900b // *Frontiers in Bacteriology*. 2024. Vol. 3. P. 1418706. DOI: 10.3389/fbri.2024.1418706
18. Xie X., Ren Z., Wang R., Tian K., Huang X., Lyu Y., Cao G., Fu J. Mobile genomic island GEI-FN1A in *Aeromonas salmonicida* FN1 contributes to the spread of antibiotic-resistance genes // *Current Microbiology*. 2025. Vol. 82, № 8. P. 345. DOI: 10.1007/s00284-025-04327-6
19. Vincent A.T., Hosseini N., Charette S.J. The *Aeromonas salmonicida* plasmidome: a model of modular evolution and genetic diversity // *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2021. Vol. 1488, № 1. P. 16-32. DOI: 10.1111/nyas.14503
20. Zubczov V.S., Shadrin F.S. Bakterial'ny'e indikatory` fekal'nogo zagryazneniya, vy`delenny'e v rodnikax g. Rostova-na-Donu // *Original'ny'e issledovaniya*. 2026. T. 16, № 6. S. 189-196.
21. Ivanov F.D., Gorovczov A.V. Xarakteristika mikrobnny`x soobshhestv pochv g. Rostova-na-Donu s razny`m urovnem antropogennoj nagruzki // *Vklad molody`x ucheny`x Yuzhnogo makroregiona v realizaciyu strategii razvitiya Rossijskoj Federacii: celi, zadachi, rezul'taty` : tezisy` dokladov, Rostov-na-Donu, 15-26 aprelya 2019 goda. Rostov-na-Donu : Yuzhny`j nauchny`j centr RAN, 2019. S. 21.*
22. Pulikova E.P., Ivanov F.D., Lacynnik E.S., [i dr.]. Novy`e podxody` k ocenke transformacii mikrobnny`x soobshhestv v poverxnostny`x gorizontax pochv g. Rostova-na-Donu // *Pochvovedenie*. 2025. № 5. S. 651-662. DOI: 10.7868/s3034561825050083
23. Ivanov F.D., Gorovczov A.V. Sezonnaya dinamika chislennosti mikroorganizmov v estestvenny`x i antropogenno-preobrazovanny`x pochvax g. Rostova-na-Donu // *Genetika – fundamental'naya osnova innovacij v medicine i selekcii : materialy` VIII nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodny`m uchastiem, Rostov-na-Donu, 26-29 sentyabrya 2019 goda. Rostov-na-Donu ; Taganrog : Izdatel'stvo Yuzhnogo federal'nogo universiteta, 2019. S. 121-123.*
24. Gridnevskij A.V. Konceptual'naya model` geofil'tracii priust`evoj chasti reki Temernik g. Rostova-na-Donu / A.V. Gridnevskij // *Inzhenerny`j vestnik Dona*. 2018. № 3 (50). S. 104.
25. Gridnevskij A.V. Geologicheskie opasnosti zhilishhnoj zastrojki uchastka pliocenovoj terrasy` goroda Rostova-na-Donu // *Sovremenny`e tendencii v stroitel'stve, gradostroitel'stve i planirovke territorij*. 2023. T. 2, № 2. S. 6-18.