

ИСТОРИЯ НАУКИ

© БЕЛОВ А.Б., ПАНИН А.Л., 2020

Теория сапронозных инфекций: история развития и пути совершенствования в системе медико-биологических наук

Белов А.Б.^{1✉}, Панин А.Л.^{2,3}

¹ФГБВОУ «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Минобороны РФ, 194044, Санкт-Петербург, Россия;

²ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» Роспотребнадзора, 197101, Санкт-Петербург, Россия;

³«Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт птицеводства» — филиал ФГБНУ Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» РАН, 198421, Ломоносов, Россия

В обзоре анализируется история изучения болезней людей, вызываемых факультативными паразитами человека, животных и растений, в 1958 г. отнесенных микробиологом В.И. Терских к третьему классу инфекций — сапронозам. Этот термин и концепция экологии сапронозных возбудителей являются приоритетом российской медицины и были признаны мировой наукой. Эксперты Всемирной организации здравоохранения в 1969 г. приняли термин «сапронозные инфекции» как собирательное название упомянутых болезней. За прошедшее время в мировой и отечественной науке накопились факты и обобщения, позволяющие провести ревизию первоначальной концепции сапронозных инфекций биоты — от различных прокариот, растений и беспозвоночных до теплокровных животных и человека. Для решения дискуссионных вопросов теории сапронозов, эпидемиологической терминологии и систематики инфекционной патологии необходима интеграция знаний и комплексное участие специалистов медико-биологических наук в изучении этой проблемы. Результаты данного сотрудничества позволят уточнить и сформировать единую теоретическую концепцию популяционной патологии биоты на базе экологического подхода и общебиологических закономерностей существования жизни на планете.

Ключевые слова: обзор; сапронозы; история изучения; экология возбудителей; цианобактерии и их маты; протисты; симбиоз; проблемы и пути интеграции эпидемиологии.

Источник финансирования. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-04-01649 «Эколого-ценотическая и молекулярно-генетическая характеристика микробных сообществ на ключевых участках полярных ландшафтов Арктики и Антарктики».

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Белов А.Б., Панин А.Л. Теория сапронозных инфекций: история развития и пути совершенствования в системе медико-биологических наук. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2020; 97(1): 91-101.

DOI: <https://doi.org/10.36233/0372-9311-2020-97-1-91-101>

Поступила 20.06.2019
Принята в печать 18.12.2019

Theory of Sapronous Infections: the History of Development and Ways of Improvement in the System of Medical and Biological Sciences

Aleksandr B. Belov^{1✉}, Aleksandr L. Panin^{2,3}

¹Kirov Military Medical Academy, St. Petersburg 194044, Russia;

²Pasteur Saint-Petersburg Research Institute of Epidemiology and Microbiology, St. Petersburg 197101, Russia;

³All-Russian Research Veterinary Institute of Poultry Science — Branch of the All-Russian Research and Technological Poultry Institute, Lomonosov 198421, Russia

The article represents the history of studies of human diseases caused by facultative parasites of humans, animals and plants, attributed by microbiologist V.I. Terskykh in 1958 to the third class of infections named sapronoses. The concept of sapronous pathogens ecology is one of priorities of Russian medicine. Since that time, facts and generalizations have been accumulated in the world and national science, allowing to revise the initial concept of sapronous infections of biota — from prokaryotes, plants and invertebrates to warm-blooded animals and humans. To decide the controversial issues of the sapronoses theory, epidemiological terminology and systematics of infectious pathology, it is necessary to integrate the knowledge and systemic participation of specialists in medicine and biology in studying this problem. The results of this cooperation will make it possible to clarify and form a unified theoretical concept of the population pathology of the biota based on the ecological approach and general biological regularities of life existence in the world.

Keywords: overview; sapronoses; history of study; ecology of pathogens; cyanobacteria and their mats; protists; symbiosis; problems and ways of integrating epidemiology.

Acknowledgments. This work was partially supported by the Russian Foundation for Basic Research grant No. 16-04-01649 «Ecological-cenotic and molecular genetic characteristics of microbial communities of key areas of the polar landscapes Arctic and Antarctic».

Conflict of interest. The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Belov A.B., Panin A.L. Theory of Sapronous Infections: the History of Development and Ways of Improvement in the System of Medical and Biological Sciences. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii = Journal of microbiology, epidemiology and immunobiology, Russian journal.* 2020; 97(1): 91-101. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.36233/0372-9311-2020-97-1-91-101>

Received 20 June 2019

Accepted 18 December 2019

Обзор посвящен 60-летию опубликования в «Журнале микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии» первого научно обоснованного труда по сапронозам микробиолога Василия Ильича Терских, что было ответственным поступком редакции журнала. В.И. Терских впервые выделил самостоятельную группу нозологий, объединенных в третий класс инфекций — «сапронозы», из совокупности инфекционных болезней человека [1]. Данную работу необходимо рассматривать как открытие в медицине и безусловный приоритет отечественной науки. Вместе с тем современники встретили его новаторский труд неодобрительно — доминировала точка зрения М. Петтенкофера, К. Сталлибрасса и Л.В. Громашевского о том, что все инфекционные болезни вызываются облигатными паразитами человека (антропонозы) и теплокровных животных (зоонозы медицинского значения). Они не учитывали мир беспозвоночных и растений, ассоциируя их в лучшем случае с факторами передачи возбудителей. Внешняя среда, окружающая человека, трактовалась как совокупность абиотических субстратов и объектов, где временно обитают возбудители инфекционных болезней, попавшие в нее из теплокровных организмов (больных и носителей возбудителей) на относительно короткое время. Некоторая устойчивость во внешней среде дает им шанс для заражения восприимчивых людей и животных с продолжением эпидемического или эпизоотического процесса и существования возбудителя как биологического вида. В противном случае они обречены на гибель от воздействия вредных факторов среды и поглощения хищниками в качестве пищи. Внешняя среда тогда считалась «кладбищем» патогенных бактерий — облигатных паразитов. Сапрофиты в качестве возбудителей болезней человека не рассматривались или считались условно-патогенными, малозначимыми в патологии людей и животных.

Медико-биологические науки при изучении инфекционной патологии базируются на знаниях о закономерностях существования разных форм жизни, их взаимодействия в изменчивых природных и социальных условиях. Экологический подход является основой методологии эпидемиологической

диагностики в профилактической медицине. Современная эпидемиология инфекционных болезней стоит в первом ряду экологических медицинских наук вместе с микробиологией, паразитологией и взаимодействующими с ней смежными дисциплинами биологического профиля. Ее предметная область охватывает изучение эпидемических проявлений популяционной патологии населения, вызываемой возбудителями инфекций антропонозного, зоонозного и сапронозного генеза. Познавать причины, условия и механизмы формирования заболеваемости людей зоонозами и сапронозами, возбудители которых сохраняются во внечеловеческих резервуарах, без взаимодействия эпидемиологов и микробиологов со специалистами смежных биологических дисциплин становится непродуктивно. Поэтому объединение знаний и усилий этих специалистов по решению научно-практических вопросов, представляющих взаимный интерес для медиков и биологов, является необходимостью, диктуемой потребностью науки в интеграции на стыках дисциплин [2–6].

Используя результаты многолетнего изучения теоретических аспектов проблемы и личного опыта исследований в рамках заявленной тематики, мы предлагаем свое видение реформирования традиционных представлений о сапронозах. Это необходимо для обоснования путей сближения медико-биологических дисциплин по одному из важнейших многопрофильных направлений науки на основе общих закономерностей существования живого мира. Очередной этап интеграции знаний, наступивший после длительного периода дифференциации в медицинских и биологических дисциплинах, должен дать положительные результаты для сохранения здоровья человека, фауны и флоры, улучшения экологической обстановки.

Интерес к сапронозам у специалистов по болезням людей, которые вызываются возбудителями, общими для человека, теплокровных животных и растений, возрастает год от года. Значительный массив информации об экологии этиологических агентов этих инфекций, их биотических резервуарах, закономерностях циркуляции в природных,

антропоургических очагах и в урбанистических условиях подлежит переосмыслению. Процесс накопления знаний, полученных с применением рутинных методов XX в., не сопровождался анализом результатов с участием специалистов биологического профиля. Выводы, сделанные первооткрывателями «новой» для медицины проблемы, не подвергались ревизии, не корректировалось магистральное направление дальнейших исследований в области проблематики сапронозных инфекций. До сих пор окончательно не сформирована единая и общепризнанная теория сапронозов. Более того, накопились очевидные противоречия по вопросам, касающимся фундаментальных положений эпидемиологии, паразитологии, биологии, особенно на стыках этих дисциплин [3, 7]. Очевидно, что перед эпидемиологией стоит много нерешенных задач, перечень которых только увеличивается [8].

В результате исследований, проведенных в последние годы отдельными многопрофильными научными группами с использованием методов молекулярной биологии, установлены более сложные закономерности, нежели считалось раньше, взаимодействия возбудителей сапронозов с представителями низшей биоты. Общеизвестна заселенность водоемов и почв различной микробиотой (наряду с позвоночными животными и растениями), значительная часть которой представлена бактериями, грибами и их потенциальными хозяевами-симбионтами (в первую очередь — фагоцитирующими простейшими). Преувеличение значения перманентно контаминированной бактериями внешней среды как самостоятельного «абиотического» резервуара возбудителей, в том числе сапронозных инфекций, не способствует расшифровке всех механизмов сохранения в природе потенциально патогенных для биоты паразитов. Более целесообразно изучение резервуарной роли симбиозов и биоценозов, в которых и формируются патогенные свойства потенциальных возбудителей инфекций той или иной биоты, включая человека. Кроме того, серьезные расхождения традиционных подходов к сапронозам с классическими постулатами, разработанными на моделях антропонозов и зоонозов, противоречат биологическим представлениям о существовании симбиотических систем и биоценозов. Эти несоответствия мешают упорядочиванию терминологии, классификаций болезней и их возбудителей применительно к задачам врачей-инфектологов: эпидемиологов, микробиологов, паразитологов, инфекционистов. Судя по сообщениям, подобные сложности испытывают ветеринары и фитопатологи [5, 9–11]. Отсутствие взаимопонимания затрудняет образовательную и научную деятельность, сказывается и на практической работе упомянутых специалистов. Назрела необходимость вносить коррективы в микробиологические методы отбора проб, обнаруже-

ния и изучения возбудителей сапронозных инфекций в их ассоциациях с помощью амплификации и полного секвенирования. Вместо поиска отдельных возбудителей появляется возможность открывать в пробе весь многовидовой спектр генетического материала (метагеном) с последующей его идентификацией по видам, субтипам и генетическим линиям [8].

Чтобы убедиться в необходимости ревизии вклада медико-биологических дисциплин в изучение проблемы сапронозов, проанализируем исторический путь становления в синтетической инфектологии нового раздела под условным названием «Сапронозные инфекции и экология их возбудителей». Многие ученые видели накапливающиеся в ходе наблюдений и исследований микробиологов, паразитологов и эпидемиологов противоречия с господствующими взглядами. Они пытались объяснить причины периодического исчезновения из поля зрения возбудителей некоторых болезней человека и животных (например, чумы) с появлением их вновь. Например, Н.Ф. Гамалея в 1905 г. имел мнение о сапрофитизме холерного вибриона на основании факта его перезимовки в придонных отложениях водоемов Сибири [10, 12]. Однако из-за применения в первой половине XX в. рутинных технологий этиологической диагностики, доминирующего антропоцентризма в инфектологии, дистанцирования от новых биологических наук эти суждения носили гипотетический характер.

Концепция В.И. Терских, доказавшая возможность сапрофитизма патогенных для человека и животных бактерий как способа их выживания в абиотической окружающей среде (т.е. вне организмов теплокровных), базировалась на 30-летнем личном опыте изучения природных очагов лептоспироза, спорных данных ряда современников о возбудителях ботулизма и многих микозов. Впервые такое предположение сделано В.И. Терских в 1928 г. [13]. В итоге автор пришел к выводу, что субстраты внешней среды (почва, вода и рукотворные объекты) могут считаться таким же резервуаром, как теплокровные организмы, при антропонозных и зоонозных инфекциях.

Пионерская идея В.И. Терских до 1970-х гг. подвергалась критике со стороны Л.В. Громашевского и И.И. Елкина (он возглавлял московскую школу эпидемиологов и был главным редактором «Журнала микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии» с 1955 по 1982 г.). Это было связано не только с неприятием новых идей авторитетными учеными, но и с влиянием в стране идеологии антропоцентризма в ущерб экологическому подходу. Несмотря на негативное отношение к выводам В.И. Терских, опровергнуть их никто не смог. Однако в учебной литературе длительное время отсутствовало упоминание о сапронозах. Многие из них трактовались как зоонозы или даже антропонозы

(холера). Только в 1978 г. К.Н. Токаревич признал научно-практическое значение данной концепции. Затем В.Д. Тимаков высказался еще более определенно: «Патогенность является более широким понятием, чем паразитизм, а группа патогенных микробов — более обширна, чем группа микробов-паразитов...» (цит. по [13]). Он имел в виду тех бактерий, которых В.И. Терских считал свободно живущими сапрофитами, независимыми от человека и теплокровных животных, способными размножаться и существовать во внешней среде. Однако тогда еще не оценили значение резервуарной роли «биотической среды» — низших организмов (беспозвоночных, растений, цианобактерий) — и считали, что эти формы жизни (в том числе протисты) не имеют большого отношения к эпидемиологии человека.

Приоритет В.И. Терских все же был признан мировой наукой. В 1969 г. эксперты Всемирной организации здравоохранения приняли термин «сапронозные инфекции» как собирательное название упомянутых болезней, а позже появился термин для соответствующих возбудителей — «сапрозоонозы» [14]. В своем учебнике В.Д. Беляков (1976) одним из первых дал общую характеристику и примеры этих инфекций, описав явление факультативного паразитизма бактерий у людей и животных. Затем В.М. Беклемишев, В.М. Жданов, Л.П. Зуева, Р.Х. Яфаев и др. внесли соответствующие разделы о сапронозах в учебную литературу.

Следующая генерация последователей и учеников В.И. Терских продолжила изучение сапронозных возбудителей лептоспироза, сибирской язвы, псевдотуберкулеза, кишечного иерсиниоза, легионеллеза, листериоза и микозов. Следует отметить школу эпидемиологов и микробиологов Дальнего Востока во главе с Георгием Павловичем Сомовым — главным эпидемиологом Тихоокеанского флота, впоследствии директором НИИЭМ СО РАМН. В 1970–1990-е гг. его ученики (Н.Н. Беседнова, Г.Д. Серов, А.М. Королук, В.Г. Кузнецов, Н.Ф. Тимченко, Ф.Н. Шубин и др.) внесли большой вклад в изучение дальневосточной скарлатиноподобной лихорадки. Ее этиологическую расшифровку опытом самозаражения клиническим изолятом доказал В.А. Знаменский, показав, что дальневосточную скарлатиноподобную лихорадку вызывает давно известный возбудитель псевдотуберкулеза.

Г.П. Сомов по праву считается одним из основоположников экологической эпидемиологии и микробиологии, обосновавшим исходную парадигму сапронозов. Он подтвердил возможность и закономерность размножения факультативных паразитов во внешней среде и ее объектах, первым выявил молекулярно-биологические и биохимические механизмы их высокой устойчивости и пластичности, разработал вместе с учениками теорию психрофильности бактерий [11, 15]. Г.П. Сомов возглавил

список из 11 лауреатов Государственной премии за 1989 г. по псевдотуберкулезу, работавших и продолжающих научную деятельность по этой тематике.

Основной упор в исследованиях делался на сапрофитный образ жизни факультативных паразитов и резервуарную роль абиотических компонентов среды в их существовании. Поэтому резервуаром и источником сапронозных инфекций для людей и животных предлагалось считать окружающую человека среду, в том числе абиотические объекты. В то же время отмечалась полигостальность сапронозов — наличие широкого круга хозяев — и не отрицалась возможность формирования факторов патогенности бактерий в ходе биоценологических связей с представителями почвенной, пресноводной и морской биоты. Допускалась резервуарная роль теплокровных как источников инфекций при отдельных сапрозоонозных болезнях, но больше склонялись к тому, что эти животные являются биологическим тупиком для возбудителя. Есть основание полагать, что противоречивость классификации сапронозных болезней человека связана с преувеличением значения среды как резервуара и источника их возбудителей. Такой вывод можно сделать из предложения Г.П. Сомова включить в понятие «резервуар возбудителей сапронозов» (кроме субстратов и объектов окружающей среды) растения и животных, которые взаимодействуют с бактериями [15]. Он также предлагал резервуарную функцию среды разделять на биотическую и абиотическую составляющую, хотя это спорное суждение. Школа Г.П. Сомова досконально изучила регулирующее влияние условий внешней среды (роль психрофильности на примере иерсиний), ее субстратов на способность выживать в ней бактерий, существующих в сапрофитической (внемакроорганизменной) фазе [11, 15].

Следующим этапом становления взглядов инфектологов стали исследования, завершившиеся публикацией сборника научных трудов НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи [13]. В них сделана первая попытка обобщения фактического материала по экологии существования возбудителей сапронозов и эпидемическим проявлениям данной патологии. Отметим основные идеи, дискутировавшиеся в сборнике: сформулированы представления о механизмах выживания сапронозных бактерий (иерсиний, легионелл, лептоспир, листерий, микромицетов, возбудителей сибирской язвы, чумы и холеры) и их размножения в сапрофитической фазе существования. Подчеркнута регулирующая роль состава почв, факторов и условий среды (психро- и термофильность). Освещено участие в этих процессах почвенных и водных биоценозов (В.Ю. Литвин, С.В. Прозоровский, В.И. Гершун, И.С. Тартаковский и др.). Обсуждалась идея одновременного существования в среде двух частей популяции сапронозных бактерий — некультиви-

руемых (резервирующихся в среде) сапрофитных и культивируемых патогенных бактерий в макроорганизмах (А.И. Дятлов, С.В. Зайцев, Ю.Г. Чернуха и др.). Среди ряда ученых превалировало мнение о ведущей роли внешней (по отношению к человеку) среды в резервации сапронозных бактерий и примате сапрофитизма как формы их выживания (Г.П. Сомов, Ю.И. Соркин, А.С. Марамович и др.). Другие исследователи, не отрицая регулирующего значения внешних условий в существовании факультативных паразитов, ставили вопрос о необходимости изучать в упомянутых процессах роль низших организмов (например, фагоцитирующих простейших). Они составляют симбиозы и биоценозы с бактериями, что было показано в исследованиях на натуральных и экспериментальных моделях легионеллеза, чумы, листериоза, псевдотуберкулеза, микозов, внутрибольничного псевдомоноза (В.Д. Беляков, Л.А. Ряпис, Г.П. Сомов, В.Ю. Литвин, В.И. Гершун, А.И. Дятлов и др.). Упомянулось участие в симбиозах с бактериями растений, беспозвоночных, фито- и зоопланктона, микроводорослей. Это указывало на их значение в патологии человека, вызываемой бактериями, циркулирующими в популяциях низших организмов. Предполагалось их участие в поддержании на видовом уровне существования сапронозных бактерий как составная часть трофических связей. Эта идея принадлежала В.Д. Белякову, который с позиции теории саморегуляции паразитарных систем четко разграничивал функции причинных факторов и условий в процессах популяционной патологии. Он указывал на общебиологические закономерности и значение симбиотических и биоценологических отношений с участием бактерий, их хозяев, типов питания тех и других в формировании паразитарных систем [16]. Таким образом, впервые было намечено направление дальнейших исследований по установлению биологических причинных факторов проявлений сапронозов, в том числе в лечебных учреждениях, где могут циркулировать факультативные паразиты человека и животных [8, 17, 18]. Результаты этого этапа работы нашли отражение в монографии Г.П. Сомова и В.Ю. Литвина (1988) — первой попытке научного обобщения разрозненных фактических материалов, гипотез и идей, касающихся экологии возбудителей сапронозов. В ней привлечено внимание к проблеме, представлены теоретические, частные и прикладные аспекты на примере ряда инфекций и микозов, намечены пути дальнейших исследований [15]. Вслед за этой публикацией вышла в свет монография В.Д. Белякова и др. (1990). В ней на модели псевдомоноза как «внутрибольничного» сапроноза обобщались упомянутые вопросы и суждения [17].

Итак, понимая сложность стоявших задач на фоне несовершенства традиционных средств и методов исследований, отрыва медицинской ми-

кробиологии от общей микробиологии, паразитологии и иных биологических наук, отметим нерешенные проблемы рассмотренного исторического этапа изучения сапронозов:

- при преувеличении роли внешней («абиотической») среды как резервуара и источника сапронозных бактерий недостаточно изучалось возможное участие низшей биоты — микроводорослей, цианобактерий и их матов, растений и беспозвоночных (протистов) — в качестве таких же хозяев возбудителей, какими являются макроорганизмы при антропонозах и зоонозах. Это оказалось пробелом, поскольку авторы отмечали только способность сапронозных бактерий участвовать в симбиотических и биоценологических отношениях с представителями низших видов биоты. В действительности ими не изучалась патология этих организмов и ее связи с болезнями теплокровных на популяционном уровне;
- несовершенство классификации инфекционных болезней и их возбудителей применительно к сапронозам, недостаточная корректность эпидемиологической и биологической терминологии с использованием философских категорий в определениях.

Следующий период развития прогрессирующего учения о сапронозах (конец XX — начало XXI в.) характеризовался попыткой увязать экологию возбудителей с проявлениями популяционных процессов патологии различных организмов, включая низшие. Очевидно, что появилось понимание необходимости подключения к изучению данной проблемы специалистов биологического профиля. Однако оставались противоречия в сущности применяемых к сапронозам терминов, категорий, законов, классификаций инфекций и их возбудителей, трактовок исследователей-микробиологов. Это касалось философских и логических принципов формулировок, расхождений с общепризнанными биолого-экологическими закономерностями и понятиями популяционных процессов в биоценозах, что ярко проявилось на фоне накопления противоречивых сведений. Они не вписывались в прокрустово ложе прежних воззрений и классификаций сапронозных инфекций [4, 19–21].

Причины наметившегося кризиса в формирующейся теории сапронозов заключались в узости антропоцентристского подхода. Он себя уже не оправдывал применительно к медицинским аспектам некоторых зоонозов и известных к тому времени сапронозов и не давал ответов на многие вопросы, от решения которых зависела эффективность диагностических и профилактических мероприятий. Возникла потребность в интеграции медико-биологических дисциплин для решения проблемных вопросов ревизии теоретической концепции сапро-

нозов и зоонозов на новом уровне развития науки. Со времени приоритетных исследований и теоретических взглядов В.И. Терских на сапронозы концепция только уточнялась, и все в одном направлении: упор на резервуарную роль внешней («абиотической») среды в сохранении и циркуляции возбудителей сапронозов. Это уже ничего нового для практики не давало: любая внешняя среда (почва, вода, объекты и даже воздух) всегда контаминирована различными микроорганизмами, в первую очередь сапронозными бактериями и грибами, а также их хозяевами (часто микроскопических размеров). Однако выделять их нелегко, особенно патогенные бактерии. В то же время в почве и воде обитают беспозвоночные, растения и прокариотические микроводоросли; следовательно, среда не может быть абиотической. Их роль не была до конца ясна, но некоторые сведения давали основание считать именно эту биоту основным резервуаром и источником возбудителей сапронозных инфекций в природе. Следовательно, нужно более глубоко изучать симбиотические и биоценотические отношения сапронозных бактерий с этими низшими организмами, их резервуарную и накопительную роль, чтобы понять причины и условия формирования эпидемических (для людей), эпизоотических (для животных) и эпифитотических (для растений и прокариотических водорослей) клонов факультативных условно-патогенных паразитов. Поэтому нужна интеграция в медико-биологических науках.

Итак, благодаря ученым-первопроходцам, изучавшим проблемные вопросы теории сапронозов, экологический подход в эпидемиологии применительно к сапронозам и зоонозам начал вытеснять антропоцентризм эоцентризмом с утверждением интегративных процессов в фундаментальной науке. По этому пути пошли ученые НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи. Они сосредоточились на уточнении молекулярно-генетических и популяционно-экологических механизмов существования патогенных бактерий в почвенных и водных биоценозах; их связи с эпидемическими и эпизоотическими (эпифитотическими) проявлениями этих инфекций. Проводили экспериментальные и натурные наблюдения за взаимодействием бактериальных популяций с микро- и мезофауной и растениями, выживанием в окружающей среде вегетативных и покоящихся форм бактерий.

Результаты данной работы представлены в монографии В.Ю. Литвина и др. (1998), содержащей обобщения и пути изучения этой многопрофильной проблемы [4]. В ней рассмотрены актуальные вопросы с позиций не только микробиологов от медицины и биологии, но и эпидемиологов, у которых возникли суждения, требующие согласования. Упомянутая монография, как и ряд последующих публикаций, стала значительным шагом в направлении ревизии склады-

вающейся с середины XX в. концепции сапронозов, ориентированной на примат сапрофитизма бактерий и роли внешней среды как резервуара и источника возбудителей этих инфекций. Ведь авторы представили фактический материал, подтверждающий, что низшие организмы выполняют резервуарную роль как для собственных облигатно-патогенных паразитов, так и для условно-патогенных бактерий, относящихся к факультативным паразитам растений и цианопрокариот, животных (в том числе беспозвоночных) и человека. При таком подходе запутанность эпидемиологической терминологии и непоследовательность классификаций применительно к сапронозам становится еще более очевидной, а ревизия теоретических воззрений относительно сапронозов — просто неизбежной [7, 19–22].

С началом XXI в. к изучению проблемы сапронозов активно подключились биологи, паразитологи, генетики и микологи. Начались комплексные исследования циркуляции возбудителей не только во внешней среде и у теплокровных, но и в популяциях растений, «цианопрокариотических водорослей» и беспозвоночных животных [6, 23–27]. Были уточнены молекулярно-генетические механизмы выживания бактерий, формирования ими патогенных признаков и некультивируемых форм, обозначены проблемные вопросы терминологии и систематики сапронозов, затронувшие основу классификаций всех инфекций и их возбудителей [21, 22, 28–30]. В клинической медицине получили распространение эпидемиологические и новые микробиологические методы изучения гнойно-септических, острых кишечных, генерализованных инфекций, а также инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, в том числе сапронозной этиологии [8, 18, 30–32]. На обсуждение стали выносить нетрадиционные трактовки положений теории и фактов из практики, касающихся паразитизма и патогенности возбудителей, представлений о паразитарных системах, природной, антропоургической и техногенной очаговости болезней с участием сапронозных инфекций, закономерностей формирования их эпидемических проявлений [33–38]. С экологических позиций рассматривалось содержание категорий, законов общей эпидемиологии и классификаций болезней и их возбудителей [7, 19, 21, 22]. За последние 20 лет после выхода упомянутого фундаментального труда накопился обширный материал для анализа, оценки и решения очередной стратегической задачи — по какому пути разрешать проблему сапронозов. Еще отчетливее стала необходимость интеграции специалистов в научно-исследовательской и практической работе по этой сложной междисциплинарной тематике [7, 21, 39, 40].

В настоящее время такие работы в составе группы медиков и биологов из пяти учреждений Санкт-Петербурга проводятся в полярных зонах

планеты, особенно в Антарктиде. Так, в пробах водных и напочвенных цианобактериальных матов (ЦБМ) выявлены бактерии 28 видов из 20 родов и 9 семейств. Большинство (43%) полученных штаммов были представлены семейством *Enterobacteriaceae*, значительная доля (18%) относится к *Pseudomonadaceae*. Представляет интерес выделение *Shigella dysenteriae* и 5 видов рода *Serratia*. Микологические исследования свидетельствуют о значительном разнообразии микромицетов в пробах ЦБМ (39 видов). Доминируют по числу видов 2 рода: *Penicillium* (8 видов) и *Aspergillus* (6 видов). Показано, что в симбиозе ЦБМ создаются условия сохранения и размножения (резервации) условно-патогенных и патогенных микроорганизмов [25]. В результате полярных исследований получен патент на изобретение «Способ оценки антропогенного и орнитогенного загрязнения окружающей среды Антарктиды по состоянию цианобактериальных матов (варианты)». В нем предлагается использовать комплексный способ оценки санитарного состояния по составу микробиоты, физико-химическим показателям, наличию тяжелых металлов и нефтепродуктов. Бактериологические показатели определяются в виде количественной оценки содержания в матах энтеробактерий, псевдомонад, других нитрифицирующих и термофильных микроорганизмов, клостридий, микромицетов [26].

Важность симбиотических отношений микробов показана в материалах «Журнала микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии», № 4 за 2018 г. В нем представлены доклады 9-й Инфектологической совместной конференции Института клеточного и внутриклеточного симбиоза с НИЦ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи. В разделе «Медико-биологические аспекты природных симбионтов» 4 из 8 сообщений посвящены цианобактериям и роли протистов в персистенции патогенных и условно-патогенных бактерий [12, 41–43]. Ученые МГУ им. М.В. Ломоносова отнесли антропогенное увеличение концентрации биогенных элементов, повторяющееся из года в год в водоемах умеренной зоны, к первой группе основных экологических факторов, обуславливающих эффективный рост популяций цианобактерий, вызывающих «цветение» воды, в планктонном сообществе [41]. К таким же выводам мы пришли по результатам работ с цианобактериями и ЦБМ в 56-й сезон Российской антарктической экспедиции в 2009–2010 гг. [25, 26].

В данном номере журнала обращено внимание на научно-практическое значение изучения токсинопродуцирующих цианобактерий. Из озер на территориях полярных поселений осуществляется водопотребление, протисты выводят из строя фильтры для воды. В полярных озерах цианобактерии формируют большое количество ЦБМ. Глобальное

потепление климата, в особенности проявляющееся в полярных зонах, будет способствовать более продолжительному и токсичному «цветению» воды в период планктонной стадии развития космополитных и эндемических видов цианобактерий. Они включают и теплолюбивые виды, ранее массово не развивавшиеся в исследуемых регионах. Увеличение или уменьшение количества термофильных видов цианобактерий является объективным биологическим индикатором изменения климата. Таким образом, необходимо совершенствовать подходы к определению качества воды по микробному составу различных биотипов с целью разработки алгоритмов оценки рисков здоровью человека из-за патогенов в воде, по рациональному обслуживанию водозаборной техники [12, 34, 43].

Итак, критический анализ истории развития теоретических воззрений по данной тематике показывает, что для фундамента обновленной теории сапронозов должны быть учтены следующие выводы, отвечающие интересам всех направлений медико-биологических наук:

- симбиотические отношения в природе являются основой жизни и закономерностей патологии биоты. Инфекционный процесс — следствие симбиотических отношений макро- и микроорганизмов, приводящих к патогенному паразитизму на организменном, популяционном и видовом уровнях;
- причиной функционирования симбиотических систем является взаимодействие их сочленов в целях выживания как биологических видов. Условиями-регуляторами выступают абиотические природные и социальные факторы среды обитания симбионтов, в том числе представители фагоцитирующей биоты, не относящиеся к этиологическим агентам;
- существование биологического многообразия в живой природе базируется на гетерогенности и закономерной динамике симбиотических отношений и типов питания;
- типы питания бактерий — внеорганизменные (автотрофизм, сапрофитизм и др.) и организменные с участием хозяев (комменсализм, паразитизм, включая патогенный) — чередуются и переходят из одних состояний в другие в зависимости от динамики условий существования симбиотических систем и ресурса питания симбионтов;
- стратегия микроорганизмов-симбионтов заключается в потребности размножения в хозяине с формированием паразитических и патогенных свойств, инициирующих популяционную патологию биоты, выход бактерий в среду и смену симбиотических отношений хозяев, циркуляцию в биотических резервуарах и выживание вне резервуара;

- резервуарами факультативных паразитов биоты является не абиотическая среда, а популяции эукариотических макро- и микроорганизмов;
- потенциальные паразиты и их хозяева в ходе эволюции биоты приспособились использовать динамику и комбинации природных и социальных условий для регуляции взаимодействия симбионтов. Она осуществляется через закономерное изменение сопряженных гено- и фенотипических признаков симбионтов, механизмов и путей передачи в биотических резервуарах и типов питания, что обеспечивает размножение потенциальных возбудителей и выживание при неблагоприятных условиях.

Завершая обзор состояния изучения актуальных вопросов сапронозных инфекций, отметим, что многолетнее наблюдение за публикациями и анализ литературы, а также наш опыт эпидемиологической и микробиологической (в том числе научно-исследовательской) работы по данной тематике позволяют сформулировать собственное отношение к упомянутой задаче. Мы считаем, что при совместном комплексном изучении специалистами медико-биологических наук поднятых здесь вопросов, получении убедительных доказательств ведущей резервуарной роли низших организмов в существовании факультативных паразитов человека, животных, растений (прокариот) в перспективе удастся создать основу для согласованной работы по совершенствованию общей классификации возбудителей патологии биоты. Окончательно определившись с соотношением причинных факторов и условий симбиотических связей сапронозных бактерий и микромицетов с основными резервуарами (хозяевами и источниками) этих инфекций, можно будет приступить к уточнению классификаций популяционной патологии, а также общей и частной терминологии применительно к специальностям, предметом изучения которых являются смежные вопросы теоретической проблемы сапронозов. Некоторые наработки уже имеются и будут служить отправной точкой будущей комплексной темы научно-исследовательской работы [5, 10, 15, 20, 21, 45].

В этой связи внимание привлекает термин «фитонозы», используемый ветеринарами и биологами для обозначения болезней представителей флоры. Они вызываются фитопатогенами, среди которых множество бактерий и микромицетов, в том числе являющихся общими возбудителями инфекций растений (водорослей), животных (включая беспозвоночных) и человека. Применительно к человеку и теплокровным животным возбудители фитонозов трактуются в основном как факультативные паразиты с условной патогенностью для соответствующих популяций (видов). Относительно же низших

организмов их считают комменсалами, паразитами (патогенными или непатогенными), сапрофитами, автотрофами и даже хемолитотрофами в зависимости от преобладающих типов питания в конкретной обстановке наблюдений. Среди них есть и облигатные, и факультативные паразиты протистов, но все они — симбионты на разных этапах существования в биотических резервуарах с чередующимися типами питания из-за динамики условий. Находясь во внешней среде, они частично выживают, переходя на внеорганизменные типы питания при внешней регуляции абиотическими факторами и «пытаясь» включиться в симбиотические отношения при благоприятных условиях.

Поскольку предлагаемый нами путь совершенствования теоретических воззрений на эти инфекции выходит за рамки медицины и продолжителен по времени, то сегодня речь идет лишь о попытке обосновать единые закономерности общей симбиологии и инфектологии биотических организмов. В случае одобрения нашего предложения предстоит длительная совместная творческая работа специалистов медико-биологических наук. В любом случае термин «сапронозы» («сапрозоонозы») останется как собирательная категория, характеризующая факультативных паразитов с особой зависимостью от окружающей среды, что отличает их от облигатных паразитов. Мы рассчитываем на интерес медико-биологического научного и образовательного сообщества к рассматриваемой тематике и будем продолжать поиск вариантов продвижения по пути решения поставленных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Терских В.И. Сапронозы (о болезнях людей и животных, вызываемых микробами, способными размножаться вне организма во внешней среде, являющейся для них местом обитания). *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии*. 1958; 35(8): 118-22.
2. Андрюков Б.Г., Сомова Л.М., Тимченко Н.Ф. Эволюция понятия сапронозы и трансформация экологической концепции паразитизма в инфектологии. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии*. 2017; 94(5): 119-26. DOI: <http://doi.org/10.36233/0372-9311-2017-5-119-126>
3. Белов А.Б. Решенные и проблемные теоретические вопросы эпидемиологической науки. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2014; (2): 7-15.
4. Прозоровский С.В., ред. *Эпидемиологические аспекты экологии бактерий*. М.: Фармаус-Принт; 1998.
5. Макаров В.В. Сапронозы, факторные и оппортунистические инфекции (к истории этиологических воззрений в отечественной эпидемиологии и эпизоотологии). *Ветеринарная патология*. 2004; (1): 7-17.
6. Martinelli Filho J.E., Lopes R.M., Rivera I.N.G., Colwell R.R. *Vibrio cholerae* O1 detection in estuarine and coastal zooplankton. *J. Plankton Res.* 2011; 33(1): 51-62. DOI: <http://doi.org/10.1093/plankt/fbq093>
7. Белов А.Б. Проблемные вопросы общей теории сапронозов и возможные пути их решения (взгляд эпидемиолога). *Фундаментальная и клиническая медицина*. 2017; 2(4): 34-44.

8. Брико Н.И. Теоретические обобщения в современной отечественной эпидемиологии. *Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы*. 2018; (3): 4-10. DOI: <http://doi.org/10.18565/epidem.2018.3.4-10>
9. Персиянова Е.В. *Характеристика взаимоотношений Yersinia pseudotuberculosis с растительными клетками*: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Владивосток; 2008.
10. Пушкарева В.И., Литвин В.Ю., Ермолаева С.А. Растения как резервуар и источник возбудителей пищевых инфекций. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2012; (2): 10-20.
11. Сомов Г.П. Современные представления о сапронозах и сапрозоонозах. *Ветеринарная патология*. 2004; (3): 31-5.
12. Селиванова Е.А., Хлопко Ю.А., Гоголева Н.Е., Плотников А.О. Детекция потенциально патогенных бактерий в солоноватых реках Приэльтонья методом высокопроизводительного секвенирования. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2018; 95(4): 87-95. DOI: <http://doi.org/10.36233/0372-9311-2018-4-87-95>
13. Литвин В.Ю., ред. *Экология возбудителей сапронозов: Сборник научных трудов*. М.; 1988.
14. Бактериальные и вирусные зоонозы: доклад Комитета экспертов ВОЗ при участии ФАО. Женева: ВОЗ; 1985.
15. Сомов Г.П., Литвин В.Ю. *Сапрофитизм и паразитизм патогенных бактерий: экологические аспекты*. Новосибирск: Наука; 1988.
16. Беляков В.Д., Голубев Д.Б., Каминский Г.Д., Тец В.В. *Саморегуляция паразитарных систем*. Ленинград: Медицина; 1987.
17. Беляков В.Д., Ряпис Л.А., Илюхин В.И. *Псевдомонады и псевдомонозы*. М.: Медицина; 1990.
18. Зуева Л.П., Асланов Б.И., Гончаров А.Е., Любимова А.В. *Эпидемиология и профилактика инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи*. СПб.: Фолиант; 2017.
19. Белов А.Б., Куликалова Е.С. Сапронозы: экология возбудителей, эпидемиология и систематика. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2016; 15(1): 5-16.
20. Бухарин О.В. Инфекционная симбиология. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2015; 92(4): 4-9.
21. Ряпис Л.А. Совершенствование классификаций заболеваний человека биологической природы. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2012; 89(2): 87-93.
22. Ряпис Л.А. Сапронозы: классификация и номенклатура. *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2006; (3): 8-11.
23. Беленева И.А., Масленникова Э.Ф. Распространение бактерий рода *Acinetobacter* в гидробионтах залива Петра Великого, Японское море. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2004; 81(3): 88-90.
24. Куликалова Е.С., Урбанович Л.Я., Марков Е.Ю., Вишняков В.С., Миронова Л.В., Балахонов С.В. и др. Связь холерного вибриона с водными организмами и ее значение в эпидемиологии холеры. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2014; (4): 19-25.
25. Панин А.Л., Богумильчик Е.А., Шаров А.Н., Власов Д.Ю., Зеленская М.С., Толстикова А.В. и др. Цианобактериальные маты как объекты мониторинга антарктических экосистем. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 3. Биология*. 2013; (2): 3-11.
26. Панин А.Л., Власов Д.Ю., Краева Л.А., Ценева Г.Я., Абакумов Е.В., Болахан В.Н. Способ оценки антропогенного и орнитогенного загрязнения окружающей среды Антарктиды по состоянию цианобактериальных матов (варианты). Патент РФ № 2546287; 2013.
27. Greub G., Raoult D. Microorganisms resistant to free-living amoebae. *Clin. Microbiol. Rev.* 2004; 17(2): 413-33. DOI: <http://doi.org/10.1128/cmr.17.2.413-433.2004>
28. Илюхин В.И., Сенина Т.В. Мелиоидоз: итоги столетнего изучения, современные проблемы и зримые перспективы. *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2012; (5): 41-6.
29. Blokesch M. Chitin colonization, chitin degradation and chitin-induced natural competence of *Vibrio cholerae* are subject to catabolite repression. *Appl. Environ. Microbiol.* 2012; 14(8): 1898-912. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2011.02689.x>
30. Брусина Е.Б. Эпидемиология инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, вызванных возбудителями группы сапронозов. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2015; 14(2): 50-6.
31. Тартаковский И.С., Груздева О.А., Галстян Г.М., Карпова Т.И. *Профилактика, диагностика и лечение легионеллеза*. М.: Студия МДВ; 2013.
32. Frost L.S., Leplae R., Summers A.O., Toussaint A. Mobile genetic elements: the agents of open source evolution. *Nat. Rev. Microbiol.* 2005; 3(9): 722-32. DOI: <http://doi.org/10.1038/nrmicro1235>
33. Литвин В.Ю., Сомов Г.П., Пушкарева В.И. Сапронозы как природно-очаговые инфекции. *Эпидемиология и вакцинопрофилактика*. 2010; (1): 10-6.
34. Панин А.Л., Сбойчаков В.Б., Белов А.Б., Краева Л.А., Власов Д.Ю., Гончаров А.Е. Природно-техногенная очаговость инфекционных болезней на территории антарктических поселений. *Успехи современной биологии*. 2016; 136(1): 53-67.
35. Сбойчаков В.Б., Панин А.Л., Белов А.Б. Природно-очаговые инфекции шестого континента: ретроспективный взгляд в будущее. *Национальные приоритеты России*. 2014; (3): 86-9.
36. Barbosa A., Schneider E.C., Dewar M. Портал окружающей среды Антарктики. Заболевания антарктических диких животных. Available at: <https://environments.aq/information-summaries-ru-ru/antarctic-wildlife-diseases-ru-ru>
37. Bonnedahl J., Broman T., Waldenström J., Palmgren H., Niskanen T., Olsen B. In search of human associated bacterial pathogens in Antarctic wildlife: report from six penguin colonies regularly visited by tourists. *Ambio*. 2005; 34(6): 430-2.
38. Brandt M.T., Amundson R. Leaf age as a risk factor in contamination of lettuce with *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica*. *Appl. Environ. Microbiol.* 2008; 74(8): 2298-306. DOI: <http://doi.org/10.1128/AEM.02459-07>
39. Дятлов И.А. К вопросу о сапронозах, психрофильности и патогенах. *Бактериология*. 2017; 2(2): 5-6.
40. Маринин Л.И., Дятлов И.А., Шишкова Н.А., Герасимов В.Н. *Сибирязвенные скотомогильники: проблемы и решения*. М.: Династия; 2017.
41. Капков В.И., Васильева С.Г., Лобакова Е.С. Сукцессии цианобактерий в водоемах бореальной зоны. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2018; 95(4): 100-7. DOI: <http://doi.org/10.36233/0372-9311-2018-4-100-107>
42. Немцова Н.В., Гоголева О.А., Игнатенко М.Е. Биомедицинский потенциал альго-бактериальных биоценозов. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2018; 94(4): 82-7. DOI: <http://doi.org/10.36233/0372-9311-2018-4-82-87>
43. Яценко-Степанова Т.Н., Игнатенко М.Е. Потенциально опасные Суанобактерия лечебных грязей. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2018; 94(4): 95-100. DOI: <http://doi.org/10.36233/0372-9311-2018-4-95-100>
44. Hubálek Z., Rudolf I. Types of human disease by source of the infectious agent. In: Hubálek Z., Rudolf I. *Microbial Zoonoses and Sapronoses*. Dordrecht: Springer; 2011. DOI: http://doi.org/10.1007/978-90-481-9657-9_2
45. Белов А.Б., Панин А.Л. Актуальные теоретические вопросы эколого-эпидемиологической концепции сапронозов и

возможные пути их решения. *Успехи современной биологии*. 2018; 138(4): 352-72.
DOI: <http://doi.org/10.7868/S0042132418040038>

REFERENCES

1. Terskikh V.I. Saprosones (about diseases of people and animals caused by microbes that can multiply outside the body in the external environment, which is their habitat). *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*. 1958; 35(8): 118-22. (in Russian)
2. Andryukov B.G., Somova L.M., Timchenko N.F. Evolution of the sapronosis notion and transformation of the environmental concept of parasitism in infectology. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*. 2017; 94(5): 119-26. DOI: <http://doi.org/10.36233/0372-9311-2017-5-119-126> (in Russian)
3. Belov A.B. Solved Problems and Theoretical Issues of Epidemiological Science. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika*. 2014; (2): 7-15. (in Russian)
4. Prozorovskiy S.V., ed. *Epidemiological Aspects of the Ecology of Bacteria [Epidemiologicheskie aspekty ekologii bakteriy]*. Moscow: Farmaus-Print; 1998. (in Russian)
5. Makarov V.V. Saprosones, factor and opportunistic infections (to the history of etiological views in domestic epidemiology and epizootology). *Veterinarnaya patologiya*. 2004; (1): 7-17. (in Russian)
6. Martinelli Filho J.E., Lopes R.M., Rivera I.N.G., Colwell R.R. Vibrio cholerae O1 detection in estuarine and coastal zooplankton. *J. Plankton Res.* 2011; 33(1): 51-62. DOI: <http://doi.org/10.1093/plankt/fbq093>
7. Belov A.B. Controversial issues of sapronoses and possible solutions. *Fundamental'naya i klinicheskaya meditsina*. 2017; 2(4): 34-44. (in Russian)
8. Briko N.I. Theoretical generalizations in modern Russian epidemiology. *Epidemiologiya i infeksionnye bolezni. Aktual'nye voprosy*. 2018; (3): 4-10. DOI: <http://doi.org/10.18565/epidem.2018.3.4-10> (in Russian)
9. Persiyanova E.V. *Characterization of the relationship of Yersinia pseudotuberculosis with plant cells*: Diss. Vladivostok; 2008. (in Russian)
10. Pushkareva V.I., Litvin V.Yu., Ermolaeva S.A. Plants as Reservoir and Source of Foodborne Infections. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika*. 2012; (2): 10-20. (in Russian)
11. Somov G.P. Modern ideas about sapronoses and saproozonoses. *Veterinarnaya patologiya*. 2004; (3): 31-5. (in Russian)
12. Selivanova E.A., Khlopko Yu.A., Gogoleva N.E., Plotnikov A.O. Detection of potentially pathogenic bacteria in the brackish rivers flowing into the Elton lake by high-throughput sequencing. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*. 2018; 95(4): 87-95. DOI: <http://doi.org/10.36233/0372-9311-2018-4-87-95> (in Russian)
13. Litvin V.Yu., ed. *Ecology of Causative Agents of Saprosones: Collection of Scientific Papers [Ekologiya vzbuditeley sapronozov: Sbornik nauchnykh trudov]*. Moscow; 1988. (in Russian)
14. Bacterial and viral zoonoses: report of WHO experts with FAO participation. Geneva: WHO; 1985. (in Russian)
15. Somov G.P., Litvin V.Yu. *Saprophytism and Parasitism of Pathogenic Bacteria: Ecological Aspects [Saprofitizm i parazitizm patogennykh bakteriy: ekologicheskie aspekty]*. Novosibirsk: Nauka; 1988. (in Russian)
16. Belyakov V.D., Golubev D.B., Kaminskiy G.D., Tets V.V. *Self-Regulation of Parasitic Systems [Samoregulyatsiya parazitarnykh sistem]*. Leningrad: Meditsina; 1987. (in Russian)
17. Belyakov V.D., Ryapis L.A., Ilyukhin V.I. *Pseudomonads and Pseudomonoses [Pseudomonady i psevdomonozy]*. Moscow: Meditsina; 1990. (in Russian)
18. Zueva L.P., Aslanov B.I., Goncharov A.E., Lyubimova A.V. *Epidemiology and Prevention of Infections Associated with the Provision of Medical Care [Epidemiologiya i profilaktika infektsiy, svyazannykh s okazaniem meditsinskoy pomoshchi]*. St. Petersburg: Foliant; 2017. (in Russian)
19. Belov A.B., Kulikalova E.S. Saprosones: Ecology of Infection Agents, Epidemiology, Terminology and Classification. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika*. 2016; 15(1): 5-16. (in Russian)
20. Bukharin O.V. Infectious symbiology. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*. 2015; 92(4): 4-9. (in Russian)
21. Ryapis L.A. Improving the classifications of human diseases of a biological nature. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*. 2012; 89(2): 87-93. (in Russian)
22. Ryapis L.A. Saprosones: classification and nomenclature. *Epidemiologiya i infeksionnye bolezni*. 2006; (3): 8-11. (in Russian)
23. Beleneva I.A., Maslennikova E.F. Spread of Acinetobacter bacteria in the aquatic organisms of Peter the Great Bay, Sea of Japan. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*. 2004; 81(3): 88-90. (in Russian)
24. Kulikalova E.S., Urbanovich L.Ya., Markov E.Yu., Vishnyakov V.S., Mironova L.V., Balakhonov S.V., et al. Relationship of Vibrio cholerae with water organisms and its significance in cholera epidemiology. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika*. 2014; (4): 19-25. (in Russian)
25. Panin A.L., Bogumil'chik E.A., Sharov A.N., Vlasov D.Yu., Zelenskaya M.S., Tolstikov A.V., et al. Cyanobacterial mats as objects of Antarctic ecosystem monitoring. *Vestnik Sankt-Petersburgskogo universiteta. Seriya 3. Biologiya*. 2013; (2): 3-11. (in Russian)
26. Panin A.L., Vlasov D.Yu., Kraeva L.A., Tseneva G.Ya., Abakumov E.V., Bolekhan V.N. A method for assessing anthropogenic and ornithogenic environmental pollution of Antarctica by the state of cyanobacterial mats (options). Patent RF № 2546287; 2013. (in Russian)
27. Greub G., Raoult D. Microorganisms resistant to free-living amoebae. *Clin. Microbiol. Rev.* 2004; 17(2): 413-33. DOI: <http://doi.org/10.1128/cmr.17.2.413-433.2004>
28. Ilyukhin V.I., Senina T.V. Melioidosis: results of centenary study, modern problems and nearest perspectives. *Epidemiologiya i infeksionnye bolezni*. 2012; (5): 41-6. (in Russian)
29. Blokesch M. Chitin colonization, chitin degradation and chitin-induced natural competence of Vibrio cholerae are subject to catabolite repression. *Appl. Environ. Microbiol.* 2012; 14(8): 1898-912. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2011.02689.x>
30. Brusina E.B. Epidemiology of healthcare-associated infections, caused by sapronoses group pathogens. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika*. 2015; 14(2): 50-6. (in Russian)
31. Tartakovskiy I.S., Gruzdeva O.A., Galstyan G.M., Karpova T.I. *Prevention, Diagnosis and Treatment of Legionellosis [Profilaktika, diagnostika i lechenie legionelleza]*. Moscow: StudiYa MDV; 2013. (in Russian)
32. Frost L.S., Leplae R., Summers A.O., Toussaint A. Mobile genetic elements: the agents of open source evolution. *Nat. Rev. Microbiol.* 2005; 3(9): 722-32. DOI: <http://doi.org/10.1038/nrmicro1235>
33. Litvin V.Yu., Somov G.P., Pushkareva V.I. Saprosones as the Natural Focal Diseases. *Epidemiologiya i vaksinoprofilaktika*. 2010; (1): 10-6. (in Russian)
34. Panin A.L., Sboychakov V.B., Belov A.B., Kraeva L.A., Vlasov D.Yu., Goncharov A.E. Natural and technogenic focality of infectious diseases in the territory of antarctic settlements. *Uspekhi sovremennoy biologii*. 2016; 136(1): 53-67. (in Russian)
35. Sboychakov V.B., Panin A.L., Belov A.B. Natural focal diseases of the sixth continent: a retrospective look into the future. *Natsional'nye priority Rossii*. 2014; (3): 86-9. (in Russian)

36. Barbosa A., Schneider E.C., Dewar M. Antarctic Environments Portal. Antarctic Wildlife Diseases. Available at: <https://environments.aq/information-summaries/antarctic-wildlife-diseases>
37. Bonnedahl J., Broman T., Waldenström J., Palmgren H., Niskanen T., Olsen B. In search of human associated bacterial pathogens in Antarctic wildlife: report from six penguin colonies regularly visited by tourists. *Ambio*. 2005; 34(6): 430-2.
38. Brandt M.T., Amundson R. Leaf age as a risk factor in contamination of lettuce with *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica*. *Appl. Environ. Microbiol.* 2008; 74(8): 2298-306. DOI: <http://doi.org/10.1128/AEM.02459-07>
39. Dyatlov I.A. To the question of sapronoses, psychrophilicity and pathogens. *Bakteriologiya*. 2017; 2(2): 5-6. (in Russian)
40. Marinin L.I., Dyatlov I.A., Shishkova N.A., Gerasimov V.N. *Siberian Ulcer Cattle Cemeteries: Problems and Solutions [Sibirskiy yezavennyye skotomogil'niki: problemy i resheniya]*. Moscow: Dinastiya; 2017. (in Russian)
41. Kapkov V.I., Vasil'eva S.G., Lobakova E.S. Succession of cyanobacteria in boreal waters. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*. 2018; 95(4): 100-7. DOI: <http://doi.org/10.36233/0372-9311-2018-4-100-107> (in Russian)
42. Nemtsova N.V., Gogoleva O.A., Ignatenko M.E. Biomedical potential of algo-bacterial symbioses. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*. 2018; 94(4): 82-7. DOI: <http://doi.org/10.36233/0372-9311-2018-4-82-87> (in Russian)
43. Yatsenko-Stepanova T.N., Ignatenko M.E. Potentially dangerous cyanobacteria of therapeutic mud. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii*. 2018; 94(4): 95-100. DOI: <http://doi.org/10.36233/0372-9311-2018-4-95-100> (in Russian)
44. Hubálek Z., Rudolf I. Types of human disease by source of the infectious agent. In: Hubálek Z., Rudolf I. *Microbial Zoonoses and Sapronoses*. Dordrecht: Springer; 2011. DOI: http://doi.org/10.1007/978-90-481-9657-9_2
45. Belov A.B., Panin A.L. Current theoretical issues of the ecological and epidemiological concept of sapronoses and possible ways of their decision. *Uspekhi sovremennoy biologii*. 2018; 138(4): 352-72. DOI: <http://doi.org/10.7868/S0042132418040038> (in Russian)

Информация об авторах:

Белов Александр Борисович[✉] — к.м.н., доцент кафедры общей и военной эпидемиологии ФГБВОУ «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Минобороны РФ, 194044, Санкт-Петербург, Россия. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7064-9193>. E-mail: alp.1952@mail.ru

Панин Александр Леонидович — н.с. лаборатории медицинской бактериологии ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера» Роспотребнадзора, 197101, Санкт-Петербург, Россия; с.н.с. отдела научно-технической информации «Всероссийского научно-исследовательского ветеринарного института птицеводства» — филиала ФГБНУ Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт птицеводства» РАН, 198421, Ломоносов, Россия.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6411-0274>. E-mail: alp.1952@mail.ru

Участие авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Information about the authors:

Aleksandr B. Belov[✉] — Cand. Sci. (Med.), Assoc. Prof., Department of general and military epidemiology, Kirov Military Medical Academy, 194044, St. Petersburg, Russia. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7064-9193>. E-mail: alp.1952@mail.ru

Aleksandr L. Panin — researcher, Laboratory of medical bacteriology, Pasteur Saint-Petersburg Research Institute of Epidemiology and Microbiology, 197101, St. Petersburg, Russia; senior researcher, Department of scientific and technical information, All-Russian Research Veterinary Institute of Poultry Science — Branch of the All-Russian Research and Technological Poultry Institute, 198421, Lomonosov, Russia. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6411-0274>. E-mail: alp.1952@mail.ru

Contribution: the authors contributed equally to this article.