

Федеральное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека

На правах рукописи

Панин Александр Леонидович

**Микробиологический мониторинг возбудителей сапрозоонозов
в полярных регионах**

1.5.11. Микробиология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

доктор медицинских наук
Краева Л.А.

Москва, 2023

Оглавление

Введение	6
Глава I. Обзор литературы	18
1.1. Природно-климатические особенности полярных регионов как регулирующий фактор динамики микробных сообществ в окружающей среде	18
1.2. Роль психрофильных бактерий в трофических цепях Арктики и Антарктики.....	22
1.3. Роль орнитогенного фактора в формировании бактериального представительства в окружающей среде полярных регионов	30
1.4. Структура и свойства цианобактериальных матов	34
1.5. Изменение микробных сообществ под влиянием меняющегося климата	38
1.6. Особенности микробиологических лабораторных исследований возбудителей сапрозоонозов в структуре медицинского обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации	46
1.7. Генетические и фенотипические маркеры вирулентности и антибиотикорезистентности возбудителей сапрозоонозов	48
1.8. Микробиологический мониторинг как составная часть санитарно-гигиенического и эпидемиологического динамического надзора	57
Глава II. Материалы и методы исследования	61
2.1. Материалы исследования	61
2.2. Методы исследования	62
Собственные исследования:	
Глава III. Климатические особенности полярных регионов, определяющие специфику микробной популяции объектов окружающей среды и возможность развития природно-техногенных и природно-очаговых инфекций	64

3.1. Сходство и различия естественных условий Арктики и Антарктики, формирующие микробиоту окружающей среды	64
3.2. Особенности микробных сообществ Антарктиды, имеющих эпидемиологическое значение	73
3.2.1. Естественная регуляция распространения бактерий и микромицетов по трофическим цепям	76
3.2.2. Роль орнитогенного фактора в формировании бактериального представительства на территории объектов РАЭ	82
3.2.3. Цианобактериальные маты – универсальный биологический индикатор антропогенной и орнитогенной загрязненности окружающей среды Антарктиды	91
3.3. Особенности микробных сообществ Арктического региона	104
3.3.1. Тенденции изменения микробиоты окружающей среды региона в условиях изменяющегося климата	104
3.3.1.1. Исследование материала с архипелага Шпицберген	104
3.3.1.2. Бактериальная составляющая острова Большевик архипелага Северная Земля	110
3.3.2. Роль антропогенного и орнитогенного фактора в формировании бактериального представительства в окружающей среде региона	114
3.3.3. Цианобактериальные маты, как дополнительный индикатор антропогенного и биологического загрязнения окружающей среды Арктики	119
Глава IV. Динамика трансформации состава микробных сообществ полярных регионов под влиянием естественных условий и антропогенного фактора	121
4.1. Изменение видового разнообразия и таксономической структуры микробных сообществ Антарктиды в период с 2011 по 2019 гг.....	121

4.2. Изменение видового разнообразия и таксономической структуры микробных сообществ Арктики.....	122
Глава V. Семейство <i>Yersiniaceae</i> как представители индикаторных микроорганизмов в условиях низких температур и повышенной влажности объектов окружающей среды	125
5.1. Особенности выявления представителей семейства <i>Yersiniaceae</i> в Антарктике и Арктике	125
5.2. Биоразнообразие и клинико-эпидемиологическая значимость иерсиниозов на примере ретроспективного изучения выделенных в динамике видов иерсиний зоны ответственности 964 СЭО и 1410 ЦГСЭН МО на территории Ленинградского гарнизона	127
5.2.1. Состояние заболеваемости личного состава зоны ответственности СЭО-ЦГСЭН Ленинградского гарнизона	128
5.2.2. Результаты бактериологических исследований проб от больных людей, животных и окружающей среды на иерсинии в зоне ответственности СЭО-ЦГСЭН	132
5.2.3. Особенности лабораторной диагностики иерсиниозов в районах расположения организованных и изолированных коллективов....	136
Глава VI. Генетические и фенотипические маркеры вирулентности и антибиотикорезистентности возбудителей сапрозоонозов, выделенных в Ленинградском гарнизоне и в полярных регионах и потенциально чувствительных к изменению климата	138
Глава VII. Разработка алгоритма проведения микробиологического мониторинга возбудителей сапрозоонозов, выделенных в высоких широтах, для включения данных в информационные ресурсы по оптимизации системы санитарно-гигиенического и эпидемиологического надзора	146
7.1. Алгоритм многоуровневого и многокомпонентного	

микробиологического мониторинга возбудителей сапрозоонозов, выделенных в высоких широтах	146
7.2. Включение полученных результатов в информационные ресурсы систем санитарно-гигиенического и эпидемиологического надзора	152
Заключение	156
Выводы	159
Практические рекомендации	160
Перспективы дальнейшей разработки темы	161
Список использованных сокращений	162
Список литературы	164
Приложения	195

Введение

Актуальность темы исследования

В настоящее время Арктика и Антарктика становятся объектами пристального внимания со стороны многих стран и научного сообщества как регионы, от которых зависят погодные условия и экологическое здоровье планеты, территории с настоящим и будущим экономическим потенциалом. Поэтому 26.10.2020 г. Указом президента Российской Федерации № 645 принята «Стратегия развития Арктической зоны России и обеспечения национальной безопасности до 2035 года», в соответствии с которой необходимо уделять большое внимание обеспечению экологической и биологической безопасности при реализации государственной политики по освоению Арктики. Несмотря на значительную географическую удаленность, Антарктика также продолжает оставаться в сфере российских государственных интересов. Особенное значение при этом приобретает воздействие прогнозируемого изменения климата на здоровье разных групп населения полярных регионов, которое должно рассматриваться в контексте взаимосвязанных социальных, культурных, политических и экономических факторов, действующих на эти сообщества [89].

На долю России приходится треть Арктической зоны, что соответствует 18% площади страны. На этой территории проживает всего 2,4 млн. человек. К первичным факторам малонаселенности Арктической зоны Российской Федерации относятся природно-климатические особенности региона, которые составляют 20% от доли участия в формировании здоровья населения. По оценкам Всемирной организации здравоохранения климатические изменения являются причиной 10% смертей в старшей возрастной группе. Экономический ущерб при этом достигает до 88 млрд рублей в год [4].

Расширение географических ареалов патогенных и условно-патогенных микроорганизмов является одним из наиболее значительных факторов возникновения новых инфекционных заболеваний человека и животных [24, 222]. В последнее время интенсивно обсуждается процесс интродукции

неиндигенной микробиоты в полярные регионы за счет возрастающей интенсивности хозяйственной деятельности человека (логистические операции, поселенческая инфраструктура, добыча природных ресурсов, туризм и пр.) и природных процессов (миграция дальнеперелетных и кочевых птиц, деградация вечной мерзлоты с последующим распространением законсервированных в ней древних микроорганизмов) [47, 63, 64, 90, 126, 144, 169, 183, 188]. Эти процессы несут серьезные риски непредсказуемых изменений в хрупких полярных биогеоценозах и в обстановке среды обитания человека в полярных поселениях [64].

Кроме того, вечная мерзлота представляет собой структурно неоднородную матрицу окружающей среды, которая сочетает в себе долгосрочные замороженные запасы микробной биомассы и геномное разнообразие прошлых климатов (даже старше 1 миллиона лет) [144], которые могут повторно активироваться при деградации вечной мерзлоты [27, 92, 151, 268]. При этом деформация вечной мерзлоты приводит к нарушению функционирования различных инженерных сооружений, в том числе водопроводно-канализационных систем. Поэтому появляется опасность инфицирования питьевой воды (4, 104). Более того, рядом исследователей установлено, что широко распространенные в Арктике и Антарктике психрофилы и криофилы имеют ферменты адаптации к холоду, включая реакции холодового шока на модуляцию топологии ДНК, синтез и стабилизацию белка, а также метаболические процессы (144, 27). Между тем, многие представители бактериальной микробиоты естественных биоценозов полярных регионов являются эмерджентными возбудителями нозокомиальных инфекций. Выделение таких бактерий от птиц на фоне меняющихся путей их миграции в условиях изменения климата говорит об опасности переноса ряда возбудителей инфекционных заболеваний, особенно сапрозоонозов, в глубину полярных регионов с последующим распространением в воде, почве и воздухе [10, 12, 115, 269].

Одним из главных показателей, происходящих экосистемных изменений может служить микробиота в районах полярных станций и баз [48, 64]. Микробные сообщества являются индикаторными системами, реагирующими на изменения условий их существования и сигнализирующими об этих изменениях в окружающей среде [64]. Поскольку микроорганизмы являются частью биоценоза всех экологических процессов, которые наблюдаются в естественных условиях, микробиологический мониторинг необходимо считать составной частью экологического динамического наблюдения [70]. В то же время климатические изменения, фиксируемые в последние десятилетия, наиболее интенсивно протекают в полярных регионах Земли, где за последние 20 лет скорость нарастания температуры увеличилась в три раза, и по расчетам специалистов уже к концу столетия температура может увеличиться на 7 градусов. Пути распространения микроорганизмов, в том числе имеющих медицинское значение, также связаны с деятельностью полярников и наличием млекопитающих и птиц, тяготеющих к человеческому жилищу, что может приводить к появлению природно-техногенной очаговости инфекционных болезней [70, 84]. Исходя из рекомендаций ВОЗ [2008] актуальным становится контроль «распространения возбудителей инфекций, потенциально чувствительных к климату», многие из которых являются сапрозоонозами, что в свою очередь является обоснованием микробиологического мониторинга территорий полярных поселений, где полярники проживают в условиях замкнутых групп, а также в организованных коллективах военных баз, размещенных на территории Арктического региона [24, 76].

Степень разработанности темы исследования

Существует несколько подходов к изучению микробиоты полярных регионов. Первый – общебиологический, прошедший путь от убеждения о стерильности Антарктиды до обнаружения хемоавтотрофов и психрофилов во всех местах проводимого поиска. Так, общественный резонанс вызвали

находки микроорганизмов в кернах и воде подледникового озера Восток на территории Антарктиды [18, 130].

Второй подход – случайные находки возбудителей инфекционных болезней при появлении больных среди полярников. Как правило, это являлось результатом стечения обстоятельств – присутствия микробиологов, выполняющих свои научные программы на объектах, где возникали спорадические случаи инфекционных заболеваний. Учитывая удаленность, особенности медицинского обслуживания и закрытость темы «массовых случаев инфекционных болезней полярников», исследования природно-техногенной очаговости болезней в районах антарктических поселений с целью профилактики инфекционных, паразитарных и аллергических заболеваний полярников раньше носили фрагментарный характер [23, 33, 63].

Третий, современный подход – попытки выделения психрофилов и психротолерантных бактерий, имеющих медицинское значение, в объектах окружающей среды. Они проводились специалистами с конца 70-х годов прошлого века. При этом выполнялись работы санитарно-гигиенической тематики, в которых не освещался целенаправленный поиск патогенных и условно-патогенных возбудителей инфекций. В дальнейшем в ряде исследований получены свидетельства о значении быстрой эволюции импортируемых в полярные регионы микроорганизмов в формировании новых («эмерджентных») инфекций. Установлено, что многие из микроорганизмов способны восстановить свою физиологическую и пролиферативную активность после таяния льда [27, 92].

Среди возбудителей сапрозоонозов самыми изученными являются возбудители иерсиниозной инфекции – псевдотуберкулеза и кишечного иерсиниоза, как представители психрофильных бактерий из рода *Yersinia* семейства *Yersiniaceae* [116]. Однако по данным литературы этих возбудителей не выделяли на территории крайних полярных регионов (на островах арктических архипелагов и в Антарктике). Исключение составляют лишь работы В.Н. Багрянцева (1988 г.), посвященные эпидемиологии

псевдотуберкулёза на Крайнем Севере Дальнего Востока и О.Н. Софроновой (2014 г.), исследовавшей микробиологические и экологические особенности штаммов иерсиний, циркулирующих на территории Якутии [101, 102].

Между тем в регионах с арктическим и субарктическим климатом РФ регистрировались многочисленные очаги иерсиниозов. Причем они относятся к числу широко распространенных инфекций в организованных коллективах, в том числе – воинских. Так, в Ленинградском гарнизоне заболеваемость военнослужащих псевдотуберкулезом существенно возросла в конце 80-х – начале 90-х годов. Количество больных во время ежегодных вспышек часто превышало 10-15 и более человек. Наиболее высокая заболеваемость в воинских коллективах отмечалась на Кольском полуострове, в Приморье и на Камчатке [76]. Это обусловлено выраженной адаптационной способностью иерсиний к сапрофитному образу жизни в особых климатических условиях, что является одной из характерных особенностей сохранения этого рода бактерий. На территории размещения организованных коллективов могут быть благоприятные условия для резервации этих возбудителей. Так, для псевдотуберкулеза показано наличие временных и относительно постоянных антропоургических очагов, даже в неэндемичных по этой инфекции регионах [76]. Поэтому заболеваемость иерсиниозами в организованных коллективах может быть реальностью в связи с особыми условиями организации их жизнедеятельности, что требует постоянной эпидемиологической разведки и обследований мест дислокации воинских частей, высших военно-учебных заведений, гражданских коллективов, размещённых в арктической и субарктической зоне [25, 42, 76, 83].

В соответствии с вышесказанным необходимо постоянно уделять пристальное внимание обеспечению биологической и экологической безопасности для реализации государственной политики по освоению Арктики и Антарктики. Особенное значение приобретает воздействие прогнозируемого изменения климата в сторону его потепления на здоровье разных групп населения полярных регионов, которое должно

дифференцированно рассматриваться с учетом взаимосвязанных природно-климатических, социальных, культурных, политических и экономических факторов, различных на Северном и Южном Полюсах.

Цель исследования:

разработка алгоритма микробиологического мониторинга возбудителей сапрозоонозов в полярных регионах.

Задачи исследования:

1. Изучить видовое разнообразие и таксономическую структуру комплексов культивируемых микроорганизмов на территориях арктических и антарктических поселений и баз. Создать музей штаммов бактерий из полярных регионов.
2. Изучить биотические и абиотические факторы формирования микробных сообществ – цианобактериальных матов – как универсального биологического индикатора антропогенной и орнитогенной загрязненности окружающей среды Антарктиды.
3. Исследовать трофические цепи как основу распространения бактерий, имеющих медицинское значение, в биологических сообществах Антарктиды.
4. Исследовать генетические и фенотипические маркеры вирулентности и антибиотикорезистентности возбудителей сапрозоонозов, выделенных в полярных регионах.
5. Разработать алгоритм микробиологического мониторинга возбудителей сапрозоонозов на объектах окружающей среды, среди животных и людей полярных и субполярных регионов для обеспечения здоровья населения.

Научная новизна работы

Исследованы выделенные в высоких широтах штаммы бактерий и микробные сообщества, имеющие медицинское значение и относящиеся к 61 виду, 31 роду и 23 семействам (всего 765 штаммов).

Получены новые данные об основных факторах, оказывающих влияние на формирование микробных сообществ (цианобактериальных матов) как универсального биологического индикатора антропогенной и орнитогенной загрязненности окружающей среды Антарктиды. Оформлен патент на «Способ оценки антропогенного и орнитогенного загрязнения окружающей среды Антарктиды по состоянию цианобактериальных матов (варианты)» (Патент на изобретение RU № 2522005, 2013 г.) [85].

В ходе ретроспективного анализа получены новые данные о биоразнообразии иерсиний, циркулировавших в зоне ответственности Ленинградского гарнизона за 23 года: выделено 1365 штаммов *Yersinia*, в том числе *Y. pseudotuberculosis* – 323, *Y. enterocolitica* – 784, *Y. intermedia* – 21, *Y. kristensenii* – 181, *Y. frederiksenii* – 56.

Исследованы генетические и фенотипические маркеры вирулентности штаммов *Serratia* spp, изолированных в высоких широтах: адгезивная активность и способность к биопленкообразованию в условиях низких температур. Изучена чувствительность штаммов бактерий, имеющих медицинское значение, к антибактериальным препаратам, найдены резистентные фенотипы среди бактерий следующих родов: *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*.

Депонированы в Государственную коллекцию патогенных микроорганизмов III-IV группа патогенности ФГБУ «Научный центр экспертизы средств медицинского применения» Минздрава РФ 3 штамма *Yersinia*: *Y. aleksiciae* № 1311, *Y. intermedia* № 1360, *Y. frederiksenii* № 1366, выделенные из объектов внешней среды Ленинградского гарнизона, которые предназначены для использования в качестве тест-штамма для идентификации иерсиний и последовательность генома штамма *Serratia liquefaciens* № 72 из антарктической орнитогенной пробы с острова Токарева архипелага Хасуэлл в 3 км от станции Мирный – в GenBank (Acc. № NZ_MQRG00000000.1).

Теоретическая и практическая значимость исследования

Установлено увеличение количества и пейзажа изолированных бактерий – возбудителей сапрозоонозов, выделяемых в полярных регионах в динамике за 10 лет. Во время научных экспедиций из проб, отобранных на архипелаге Шпицберген в 2010-2011 гг., получено 25 видов бактерий, а в 2018-2019 гг. – 58 видов; из проб, отобранных в Антарктиде в 2011 г., выделено 46 видов, а в 2019 г. – 55.

Создан музей штаммов бактерий из полярных регионов: 243 арктических и 344 – антарктических.

С 90-х годов среди иерсиний, выделенных из проб с объектов окружающей среды зоны ответственности Ленинградского гарнизона отмечалась смена этиологически значимых возбудителей иерсиниозной инфекции: вместо *Yersinia pseudotuberculosis* начинают преобладать следующие виды: *Y. enterocolitica*, *Y. kristensenii*, *Y. intermedia*, *Y. mollaretii*, *Y. frederiksenii*, что связано с социально-экономическими причинами и изменением экологии возбудителей.

Предложены и обоснованы принципы микробиологического мониторинга за счет использования молекулярно-генетического скрининга на этапе отбора материала.

Разработан алгоритм проведения микробиологического мониторинга возбудителей сапрозоонозов, выделенных в высоких широтах, с возможностью использования геокодированных данных при работе с геоинформационными системами.

Положения, выносимые на защиту

1. Особенности природно-климатических условий Арктики и Антарктики наряду с активным освоением полярных регионов создают условия для распространения микробных сообществ, характерных для каждого региона и привнесенных извне, в динамике. Полноценное исследование сапрозоонозов полярных регионов, имеющих медицинское значение, включает в себя изучение циркуляции бактерий по трофическим цепям и

исследование их генетических и фенотипических маркеров вирулентности и антибиотикорезистентности.

2. Для объективной оценки антропогенного и орнитогенного загрязнения окружающей среды на территории Антарктиды может быть использован универсальный биологический индикатор – цианобактериальные маты.
3. Алгоритм микробиологического мониторинга возбудителей сапрозоонозов из объектов окружающей среды, от животных и людей полярных и субполярных регионов включает в себя оптимальный протокол микробиологического исследования и возможность переноса геокодированных данных об исследуемых пробах в базы данных разного формата, в том числе – геоинформационные системы.

Соответствие паспорту специальности

Диссертационное исследование, включающее вопросы изучения генетических и фенотипических свойств микроорганизмов полярных регионов, соответствует паспорту специальности 1.05.11 микробиология (Медицинские науки). Результаты проведенного исследования соответствуют пунктам 1, 2, 3, 6, 7 паспорта специальности.

Внедрение результатов исследования в практику

- Патент «Способ оценки антропогенного и орнитогенного загрязнения окружающей среды Антарктиды по состоянию цианобактериальных матов (варианты)» (Патент на изобретение RU № 2522005, 2013 г.) [85].
- Свидетельство о депонировании в Государственную коллекцию патогенных микроорганизмов III-IV групп патогенности ФГБУ «Научный центр экспертизы средств медицинского применения» Минздрава РФ 3 штамма: *Y. aleksiciae* №1311, *Y. intermedia* № 1360, *Y. frederiksenii* №1366, выделенных из объектов внешней среды Ленинградского гарнизона, и данные о депонировании последовательности генома штамма *Serratia liquefaciens* № 72 из антарктической орнитогенной пробы депонированы в GenBank (Acc. № NZ_MQRG000000000.1).

- Методические указания МУ 3.1.1.2438-09 «Эпидемиологический надзор и профилактика псевдотуберкулеза и кишечного иерсиниоза» [114].
- Отчет о НИР № VMA.03.03.04.1213/0135 «Совершенствование микробиологического мониторинга за иерсиниями для объективной оценки эпидемического процесса и проведения обоснованных санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий при иерсиниозах у военнослужащих».
- Санитарные паспорта научных объектов Российской антарктической экспедиции (РАЭ): круглогодичных станций Мирный, Прогресс, Беллинсгаузен, Новолазаревская и Восток.
- Информационные материалы и Методические рекомендации: «Санитарно-противоэпидемические (профилактические) мероприятия на объектах Российской антарктической и Высокоширотной арктической экспедиций» для администрации научных станций и «Микробиологический мониторинг за возбудителями сапрозоонозов в полярных регионах» для специалистов, занимающихся медико-биологическими проблемами Арктики и Антарктики, Санкт-Петербург, 2012 г.;
- Изменения в «Руководство по медицинскому обеспечению Вооруженных Сил Российской Федерации на мирное время» в разделе «Проведение лабораторных исследований для выделения иерсиний» Москва, 2017 г.;
- Учебное пособие «Иерсиниозы: псевдотуберкулез и кишечный иерсиниоз» для студентов медицинских вузов, Москва, 2021 г.;
- Учебник для курсантов и студентов факультета подготовки врачей «Медицинская микробиология», СПб, 2016 г. и руководство к лабораторным занятиям «Микробиология, вирусология и иммунология», СПб, 2018 г.;
- Полученные данные используются в процессе преподавания микробиологии и эпидемиологии в соответствующих высших учебных заведениях, на курсах повышения квалификации врачей, при проведении

научно-практических семинаров Центра мониторинга за иерсиниозами НИИЭМ имени Пастера, на научных конференциях и съездах.

Методология исследования

Методологическая основа диссертационной работы была спланирована на основании поставленной цели исследования и включает применение методов научного познания с целью решения поставленных задач. Применялись следующие методы исследования: классические бактериологические, молекулярно-генетические, масс-спектрометрический анализ MALDI-TOF, фенотипические методы определения устойчивости к антибиотикам согласно МУК 4.12.1890-04, Клиническим рекомендациям «Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам» (2018), рекомендациям EUCAST (версия 10.0) [80].

Степень достоверности результатов исследования

Степень достоверности полученных результатов исследования определяется достаточным объемом проведенных наблюдений, репрезентативностью материала. Дизайн исследования, анализ данных, статистическая обработка результатов соответствуют требованиям, цели и задачам исследования. Основные положения работы, выводы и практические рекомендации аргументированы с позиций доказательной медицины, логически вытекают из результатов исследований и подтверждены фактическим материалом. Достоверность полученных результатов и выводов обеспечена использованием адекватных методов исследования, методик проведения расчетов, достаточным объемом анализируемых материалов, апробацией результатов и положений в рецензируемых журналах. Организация и проведение диссертационного исследования одобрены Локальным Комитетом по этике ФБУН НИИЭМ имени Пастера Роспотребнадзора, протокол № 68 от 29.10.2020 года.

Апробация результатов исследования

Материалы и основные положения диссертации доложены и обсуждены на 15 Российских, в том числе с международным участием, и 4 зарубежных научно-практических конференциях.

Личный вклад автора

Личный вклад автора состоит в непосредственном участии во всех этапах выполнения диссертационного исследования: изучении литературы по теме исследования, написании плана работы, участии в экспедициях по отбору материала из полярных регионов, исследовании проб и выделенных штаммов, анализе полученных результатов, написании статей и учебно-методической литературы, подготовки докладов, оформлении диссертации.

Публикации

По материалам диссертационной работы опубликовано 49 научных работ, из них 7 статей – в научных рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК, 2 – в изданиях, входящих в библиографические базы данных Scopus и Web of Science.

Объем и структура диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, семи глав (обзора литературы, материалов и методов, результатов исследования и обсуждения полученных результатов), выводов, практических рекомендаций, списка литературы, приложений. Диссертация изложена на 194 страницах машинописного текста, иллюстрирована 9 таблицами, 8 рисунками и 11 приложениями. Список литературы содержит 115 отечественных и 156 зарубежных источников.

Глава I. Обзор литературы

1.1. Природно-климатические особенности полярных регионов как регулирующий фактор динамики микробных сообществ в окружающей среде

В условиях высоких широт наиболее актуальна роль психрофильных бактерий и микромицетов. Большинство этих микроорганизмов, имеющих медицинское значение, относятся к возбудителям сапрозоонозов. Наиболее актуальными из них являются возбудители псевдотуберкулёза, кишечного иерсиниоза, легионеллёза, аспергиллёза и другие бактерии и микромицеты родов *Aspergillus* spp, *Penicillium* spp, *Chaetomium* spp, *Alternaria* spp, *Cladosporium* spp. Последние стали изучаться как участники процессов разрушения (биодеструкции) строительных конструкций бетонных, деревянных и металлических сооружений, протекающих при участии микроорганизмов [21, 22, 63]. При этом совместная работа биологов и медиков в составе сезонных экспедиций позволила изучать их также с точки зрения возбудителей сапрозоонозов, как причину частых микогенных аллергических состояний среди полярников, особенно зимовочных коллективов [23, 33, 48, 49, 63, 64]. Имеются описания оппортунистических инфекций, вызванных условно-патогенными микромицетами, которые выделялись и в полярных регионах [127, 163, 225].

Возбудители сапрозоонозов с акцентом на криогенные условия их существования являются перспективными моделями процессов формирования паразитоценозов в эволюционирующих системах с действием отбора, направленного на ускорение репликации, и имеющее эволюционирующее значение [67]. В наше время биологические исследования показывают примеры, когда явления паразитизма закономерно возникают в любых экологических системах, в том числе и в криогенных условиях, при невысокой плотности взаимодействующих популяций (микро)организмов. Глобальные природно-климатические изменения, включающие чередование тёплых и холодных эпох, являются движущей силой формирования

симбиотических, в том числе паразитарных, взаимоотношений в земных экосистемах, характерных для возбудителей сапрозоонозов [10, 11, 13, 20, 64].

Среди патогенных жизнестойких и способных персистировать в условиях Антарктики выявлены завезённые (интродуцированные, занесённые, инвазивные) микроорганизмы [64, 169, 188, 244]. В ходе микробиологического мониторинга программ 48-63 РАЭ в пробах снега, льда и воды на территориях прибрежных объектов Антарктиды выделены бактерии из родов *Lactobacillus*, *Verrucomicrobia*, имеющих выраженные свойства патогенов и (или) эндосимбионтов животных и людей, которые в естественной, удалённой от человеческих поселений, полярной среде не определяются [73, 74, 188, 189].

На законсервированных станциях более 25 лет тому назад были выявлены неспорообразующие бактерии, в том числе представители родов, имеющих патогенные виды прокариот: *Acinetobacter* sp., *Staphylococcus* sp. [73, 188, 189]. Последние показали невозможность быть частью естественной антарктической микробиоты, что может указывать на антропогенную причину её появления и наличия механизмов сохранения на определённый, пока неизвестный, промежуток времени [63, 74].

Обнаружение на законсервированной станции Русская бактерий рода *Muxococcus* (филум *Protobacteria*) позволяет высказать предположение, что эти прокариоты выживают длительное время в экстремальных условиях [64].

В ледниках выделяли облигатно-патогенные бактерии с возможной фекально-оральной передачей – ряд культивируемых колиформ в разных образцах ледникового льда возрастом около 2000 лет из канадского арктического архипелага. Треть этих изолятов оказались устойчивыми к ампициллину. Также из фекалий на поверхности движущегося ледника после его посещения альпинистами и туристами в Национальном парке Денали на Аляске идентифицированы колиформы. Из талых вод был выделен ряд термотолерантных *Escherichia coli* и фекальные стрептококки. По мере роста популярности горных восхождений и полярного туризма возрастает опасность

фекально-оральной передачи инфекции для посетителей ледника, употребляющих необеззараженную воду [161, 183].

Грибы, которые являются условными патогенами, фиксируются реже в криосфере по сравнению с умеренной зоной. Однако, проявляемое ими разнообразие, в стратегии адаптации к экстремальным условиям, актуально в обследовании сложной экологической системы [163]. Обитающие в вечной мерзлоте микромицеты акцептируют различные природные криопротекторы из растительных субстратов, или их производные из соответствующих экотопов и обладают способностью использовать механизмы защиты, присущие среде их обитания [208].

Холодоустойчивые растения также имеют криопротекторы в своём цитозоле, а микромицеты из рода *Pythium* spp. в инфицированных тканях используют защитные вещества от холода хозяина-растений, чтобы противостоять замерзанию. Причиной проявления жизнеспособности зоофильных паразитов-микромицетов, опасных в том числе и для людей патогенов из родов *Trichophyton* sp. и *Candida* sp., зависят не столько от экстремальных природно-климатических условий, сколько от интенсивности посещения людьми полярных поселений и окружающих ландшафтов [23, 64].

Обзор Edwards A. [144] о микромицетных сообществах, обитающих в ледниках и способных продуцировать экзотоксины (афлатоксины, липотоксол), указаны три потенциальные угрозы:

1) преобладание дрожжей рода *Cryptococcus* из класса *Tremellomycetes* отдела *Basidiomycota* [256]. Род *Cryptococcus* включает оппортунистических патогенов людей (количество которых неуклонно растёт) [163] и часто связан со средой обитания человека [134, 256]. Однако сложность адаптации к ней (от холодных до теплых сред) представляет значительный барьер для базидиомицетовых дрожжей [261], что снижает потенциальную угрозу неблагоприятного воздействия криптококка из криосферы;

2) следующую угрозу представляют полиэкстремально толерантные грибы, преимущественно чёрные дрожжи. Экстраординарная фенотипическая

пластичность позволяет им заселять и выживать в жилой и хозяйственной инфраструктуре, паразитировать в организме теплокровных и находиться в полярных условиях, включая ледники [162, 271]. Обе последние сферы обитания для них являются «экстремальными» с точки зрения дефицита в них питательных веществ, величин рН, влияния окислительного и осмотического стрессов по сравнению с организмом-хозяином. Поэтому высказано предположение, что аэромикота объектов Высокоширотной арктической экспедиции (ВАЭ), которые длительное время были законсервированы в акватории Северного морского пути, может стать источником потенциальных патогенов, возбудителей микозов и микогенной аллергии [23, 48, 64]. Причём уже имеются публикации о случаях оппортунистических инфекций, вызванных условно-патогенными микроорганизмами в ассоциации с *Aureobasidium pullulans* из класса *Dothideomycetes* филума *Ascomycota* [225];

3) патогенные микромицеты растений и животных влияют на здоровье своих биологических хозяев и на биоразнообразие и продовольственную безопасность стран [146]. Из ледников были извлечены грибы, связанные с растениями. Грибы-аскомицеты из эоловых потоков колонизируют криокониты на поверхности ледников и продуцируют споры [143].

Итак, вышеперечисленные факты подтверждают концепцию ледников как хранилища «рабочих» характеристик геномов, из которых биогенные составляющие (в данном случае древние генетические элементы) возвращаются в окружающую среду и вновь включаются биогеохимические и жизненные циклы [144]. Регулирующее воздействие на криофильные микробные сообщества несомненно осуществляют экстремальные и весьма различные природно-климатические факторы Арктики и Антарктики [64]. Однако нахождение значительного представительства прокариот в полярных пробах ставит вопрос о возможности их выживания в криогенных зонах. Это требует продолжения проведения данных исследований в динамике, что соответствует научно-практическим нуждам и нашло своё отражение в монографии О.В. Бухарина [и др.] о механизмах выживания бактерий [19] и

дополненных следующими темами публикаций: – жирные кислоты как объект исследования температурных адаптационных стратегий микроорганизмов-психрофилов [5]; – молекулярные механизмы персистенции бактерий [7]; – гетероморфизм клеточной персистенции возбудителей сапронозов в различных условиях среды обитания [99]; – последовательность генома психрофильного архея *Methanococcoides burtonii*; роль эволюции генома в адаптации к холоду [118]; – бактериальная биоплёнка и особенности её образования у возбудителей чумы и других, патогенных иерсиний [66]; – акантамёба (*Acanthamoeba* sp.), вызывающая кератит, способствует выживанию и росту *Acinetobacter baumannii* [133]. Итак, последний пример показывает симбиоз протистов с бактериями в среде с отрицательным действием на них лизоцима слёзной жидкости. Амёбы стали широко используемыми объектами внутриклеточных бактериальных патогенов [70, 197]. Следующим этапом стало изучение гидробионтов, как резервуарных хозяев возбудителей бактериальных сапронозов [87]. Однако данные работы изучали фрагменты нахождения условно-патогенных и патогенных микроорганизмов в организме хозяина. Рассмотрим их сохранение и движение по трофическим связям в полярных условиях.

1.2. Роль психрофильных бактерий в трофических цепях Арктики и Антарктики

Пищевые цепи (сети) являются существенным элементом экологических систем. Трофическая связь в биологическом смысле предполагает последовательность видов организмов от низших к высшим, отражающая движение в экосистеме органических веществ и заключённой в них биохимической энергии в процессе питания организмов. Циркуляция возбудителей сапрозоонозов в сообществах обитателей почв и водоёмов, наряду с привычной «горизонтальной» передачей в популяции определённого хозяина, включает и «вертикальную» передачу – по трофическим цепям от низших к высшим уровням пищевой пирамиды [44, 70, 87], образно

представляя их распространение по «эстафетному типу». Данную особенность они относят к характерному свойству сапрозоонозов, определяющих их выраженную экологическую и эпидемиологическую специфику [64]. При этом роль микроорганизмов во всех трофических связях фундаментальная и стержневая. Они являются основанием пищевых пирамид, которыми в основном питаются свободноживущие простейшие (протисты). Последние являются обязательным массовым компонентом водных и почвенных экосистем. Большинство микробных клеток утилизируются в пищеварительных вакуолях протист. Однако условно- и облигатно-патогенные микроорганизмы приобрели устойчивость к фагоцитозу простейших, сохраняются интактными, размножаются, живут в теле хозяина, но обязательно выходят из погибших хозяев в окружающую среду экосистемы по причине его естественной смерти или сами ускоряют гибель хозяина. Так паразитизм в амёбах и инфузориях в результате невозможности фагоцитоза доказан у 16 видов бактерий: холерных вибрионов, иерсиний, легионелл, листерий, сальмонелл, псевдомонад, бурхолдерий, микобактерий и др. Участие свободноживущих простейших в процессе перемещения условно- и облигатно-патогенных бактерий в самом основании трофической пирамиды на более высокий уровень досконально описан и проанализирован в монографии В.Ю. Литвина (1997) «Эпидемиологические аспекты экологии бактерий» [70]. Дальнейшим развитием данной концепции явились работы о роли сапронозов в природной очаговости возбудителей инфекционных болезней [36, 57-60, 71, 72, 91]. Весьма важным аспектом в развитии данного вопроса является рассмотрение эпидемиологических особенностей, сочетанных природно-очаговых инфекций [111]. Несмотря на обсуждение микст-инфекций трансмиссивной вирусной этиологии, похожая картина может наблюдаться и среди возбудителей сапрозоонозов в зависимости от состояния неспецифической защиты организма людей и животных.

В высоких широтах простейшие, в частности амёбы, являются важными составными и распространёнными элементами микробных экологических

систем почв и осадков в озёрах. Для свободноживущих простейших характерны симбиотические отношения с патогенными бактериями (эндосимбионтами) по типу паразит – хозяин [44, 87]. В числе таких эндосимбионтов простейших изолированы возбудители легионеллёза, туляремии, хламидиоза и других бактерий, что имеет прикладное и экологическое значение [197]. Ультраструктурные исследования на примере *A. baumannii* показывают незавершённый фагоцитоз в планктонных формах и в биоплёнках, формируемых бактериально-протозойными сообществами, обеспечивая возбудителям длительное существование в окружающей среде [133]. В общебиологическом плане отмечается выраженное сходство механизмов фагоцитоза у амёб и клеток иммунной системы людей. При этом противодействие бактерий процессам фагоцитоза (элиминации, переваривания) выступает их возможность создавать микроколонии и биоплёнки, синтез цитокинов. Это позволяет им использовать одни и те же механизмы для их успешной персистенции в амёбах и макрофагах высших животных [70, 197]. Так, возбудители ИСМП – представители родов *Acinetobacter*, *Stenotrophomonas*, *Pseudomonas* и др., выделенные в полярных экосистемах, способны к персистенции в клетках простейших. Например, *Pseudomonas aeruginosa* является комменсалом амёбы *Acanthamoeba polyphaga*, что ведёт к повышению интенсивности роста и выживаемости бактерий в водной среде [120]. Ацинетобактеры, такие как госпитальный патоген *A. baumannii*, используют персистенцию в амёбах *Acanthamoeba castellanii* для переживания неблагоприятных периодов, в том числе, при голодании [133]. Ещё одним доказательством актуальности изучения симбиоза бактерий с амёбами является публикация о выделении и молекулярной идентификации свободноживущих амёб рода *Naegleria* из арктических и субантарктических регионов [139]. Продолжение данной тематики является сообщением – гетеролобозные амёбы из экстремальных областей Арктики и Антарктики: 18 новых штаммов *Allovahlkampfia*, *Vahlkampfia* и *Naegleria* [257].

Итак, данные материалы показывают возможность длительной персистенции облигатно- и условно-патогенных бактерий, ставших эндосимбионтами при их поглощении простейшими, как результат совместной эволюции биологических видов, взаимодействующих в экосистеме (коэволюции) генов бактерий и простейших, обитающих в воде и почве полярных экосистем [64].

Следующим самым многочисленным участником трофических цепей в Арктике являются мелкие млекопитающие, а именно грызуны. Однако, давно в отечественной литературе нет единой точки зрения о роли мелких млекопитающих как резервуара сапрозоонозов, особенно для возбудителей псевдотуберкулеза и других иерсиниозных инфекций (ИИ). Так в первых работах пионеров изучения сапрозоонозов они не считали грызунов основным источником возбудителя инфекции [98]. Однако другие авторы определяли грызунов как важнейший резервуар и источник ИИ [101, 102]. Так, по мнению В.Ю. Литвина грызунов следует считать «жертвами» иерсиний, которые поедают растения и заражаются. В растительные ткани проникают патогены через корневую систему, колонизируя их, сохраняя при этом свою вирулентность [70].

Заболевания, передающиеся от растений животным, называются «фитозоонозы», а к человеку – «фитозонозы» [10, 11, 14, 106]. В связи с данной темой обсуждения примечательно исследование Е.В. Персияновой, характеризующей взаимоотношение *Y. pseudotuberculosis* с растительными клетками, показывающее болезнь листьев табака и бессимптомное носительство иерсиний в заражающей дозе [86].

Однако, в настоящее время большинство исследователей считают, что важнейшим естественным резервуаром сапрозоонозов, в том числе и для *Y. pseudotuberculosis* в арктических условиях являются мелкие грызуны – дикие и синантропные [101, 102, 103, 115, 269], как самые многочисленные участники трофических цепей. Надо отметить статью S. Joutsen *Yersinia* spp. у диких грызунов и землероек в Финляндии, показывающую актуальность этих

возбудителей у мелких млекопитающих [177]. К естественным резервуаром сапрозоонозов относятся зайцы, кролики, свиньи, овцы, птицы, кошки, крупный рогатый скот, дикие животные в питомниках. Их наличие – носителей иерсиний, а также условий, способствующих их персистенции, приводит к формированию природных очагов, где осуществляется естественная циркуляция бактерий по трофической цепи: «животное – окружающая среда – животное». В этих очагах обсеменяется почва, вода водоемов. В связи с интенсивным развитием сельского хозяйства, животноводческих комплексов формируются антропогенные сельские очаги. В них складываются свои биоценозы и экологические особенности [8, 41, 102].

Итак, патогенные для человека возбудители сапрозоонозов проникают через ризодерму в ткани растений и колонизируют их, сохраняя свою вирулентность, что является риском заболевания при употреблении зараженных овощей и фруктов. Доказано, что для поддержания жизнедеятельности и численности популяции во внешней среде *Y. pseudotuberculosis* используют растения как питательный субстрат. Они проникают в межклеточное пространство, адгезируются на поверхности клеток растений [70, 86, 106].

Длительная транспортировка и хранение продуктов питания, особенно овощей, характерны для полярных районов и имеют решающее значение в заражении человека иерсиниями. При этом факторами передачи при псевдотуберкулезе являются салаты из сырых овощей (морковь, свекла, капуста, лук и др.) и фрукты [94, 98, 101, 102, 112].

В Заполярной медико-географической зоне (МГЗ), в частности в Якутии, резервуарами сапрозоонозов и участниками трофических цепей в очагах в значительной степени являются мелкие млекопитающие, преимущественно дикие мышевидные грызуны, серые крысы. В дикой природе это фоновые виды – сибирский лемминг, узкочерепная полевка, к которым адаптивны возбудители псевдотуберкулеза и других иерсиниозов. Доказательством данных фактов явилось выделение культуры псевдотуберкулезного микроба

от массовых видов мышевидных грызунов и насекомоядных (обитающих в природных биотопах, а также в складах, пищеблоках, жилых помещениях), которые были источниками и переносчиками инфекций. В настоящее время факторами и источниками заражения возбудителем псевдотуберкулеза являются не только завозимые из-за пределов Якутии продукты, но и фауна местных экосистем, ареалы которых расширяются к северу из-за изменений климата [33, 37, 78, 102]. Похожая картина отмечается и в Чукотском автономном округе [53].

Ведущее значение в становлении эпидемического штамма при последующих пассажах через организм теплокровного животного отводится каннибализму. Данное явление среди грызунов весьма широко распространено. При их массовом размножении, большой плотности поселения, недостатке кормов, что часто наблюдается при резких температурных перепадах и как следствие этого – ослабленности и болезнях, каннибализм может стать единственным «горизонтальным» путём передачи иерсиний от одного грызуна другому [112].

В высоких широтах источником возбудителей инфекции сапрозоонозами, находящимися на вершине пищевой пирамиды, наиболее часто являются типичные для Севера дикие и домашние животные. Из представителей дикой фауны ведущая роль принадлежит основным видам млекопитающих: песцам, северным оленям и белым медведям к которым адаптированы многие виды возбудителей сапрозоонозов. Примером обследования одной из вершин трофической пирамиды Арктики является исследование скандинавских микробиологов организмов индикаторных диких cervид (северных оленей) на наличие *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp., токсигенных *Escherichia coli* и устойчивости их к антибиотикам [186].

В связи с завозом фуража, продуктов питания и сырья животного происхождения формируются синантропные очаги зоонозов со своим набором патогенов. Обозначен круг психрофильных микроорганизмов, для которых источником инфекции в условиях Севера могут быть вода и почва [37, 38].

Культуры псевдотуберкулезного микроба выделены от массовых видов мышевидных грызунов и насекомоядных (обитающих в природных биотопах, а также в складах, пищеблоках, жилых помещениях), которые стали хранителями и переносчиками инфекций. В настоящее время факторами и источниками заражения возбудителем псевдотуберкулеза являются не только завозимые из-за пределов Якутии продукты, но и фауна местных экосистем, ареалы которых движутся на север с распространением леса на территорию тундры [37, 38, 78]. При транспортировке овощей, корнеплодов, зерна и комбикормов, хранения их в больших штабелях грызуны находят кормовые, защитные и микроклиматические условия для формирования жизнеспособных популяций. Овощи, фрукты и корнеплоды в АЗРФ доставляются рефрижераторными вагонами, автотранспортом, теплоходами по рекам и самолетами. До 90 гг. XX века большие партии овощей и корнеплодов проходили через овощные базы и складские помещения. Их инфицирование происходило во время длительной многоэтапной транспортировки при температуре + 6-7 градусов внутри республики, в том числе, в отдаленные северные районы. Инфицирование совершалось также при кратковременном хранении овощей в заведомо «зараженных» овощехранилищах, при отсутствии или при наличии грызунов, а также при завозе уже инфицированных овощей и корнеплодов из других регионов страны. Факторами передачи возбудителей иерсиниозов в весенний период служили в основном овощи зимнего хранения (капуста, морковь), в летний период – ранние тепличные огурцы (Оймяконский район). При осенних вспышках в качестве ведущих факторов передачи иерсиний служили овощи нового урожая, которые, как правило, употреблялись в виде овощных салатов [101, 102, 112, 113].

При мониторинговых исследованиях в Республике Саха (Якутии) из органов мелких млекопитающих выделено 23 культуры, в том числе, из органов серых крыс на сельскохозяйственных объектах и объектах птицеводства 4 культуры *Y. pseudotuberculosis*; из органов полевки экономки,

домовой мыши, красно-серой полевки, красной полевки, бурозубки 14 культур *Y. enterocolitica* биотипов 1А и 5 культур биотипов 2, 4. Выделено из органов полевки экономки, красно-серой полевки, красной полевки, леммингов 79 культур *Y. kristensenii*; из органов серой крысы, полевки-экономки 2 культуры *Y. frederiksenii* [102]. Полученные результаты указывают на наличие природного очага иерсиниозов на данной территории.

В Антарктиду грызунов постоянно завозили сотни судов, посещающие данные территории. Некоторые острова Антарктики крысы освоили и создали большие экологические проблемы для птиц и их разновидностей – пингвинов.

Если в ближайшее время не использовать радикальные меры по очистке антарктических поселений, то уже через сто лет на этом континенте некоторые территории будут напоминать острова в Южной Атлантике. Например, на острове Святого Георгия пришлые флора и фауна, особенно крысы, радикально трансформировали его экологическую обстановку. Климатические изменения последних десятилетий повлияли на фундаментальные биологические параметры полярных регионов, в том числе на связь автотрофных и гетеротрофных процессов в микробных экологических системах [64] в том числе на всех участках трофических цепей высоких широт.

Таким образом, в доступной научной литературе имеются фрагментарные описания движения облигатно- и факультативно-патогенных микроорганизмов по трофическим цепям. Попытка школы В.Ю. Литвина исследовать циркуляцию этих возбудителей от основания пищевой пирамиды верх продолжилась и после смерти преемника идей Василия Ильича Терских, которым предложена концепция нового класса инфекций – сапронозы. Она отнесена Н.И. Брико к одному из важных теоретических обобщений в современной отечественной эпидемиологии [16]. В нашей стране продолжается дискуссия по теоретическим вопросам развития учения о сапронозах и сапрозоонозах, составной частью которых является осмысление значения возбудителей опасных инфекций и инвазий, передающихся по пищевой цепи в том числе через объекты традиционного промысла населения

полярных регионов [6, 10-12, 30, 36, 44, 57-60, 64, 75, 87, 91, 97, 99, 106]. Разряжённые в биологическом плане высокие широты позволяют продолжить изучение общих закономерностей и механизмов существования патогенных микроорганизмов не только в почвенных и водных экосистемах, но на более высоких трофических уровнях.

1.3. Роль орнитогенного фактора в формировании бактериального представительства в окружающей среде полярных регионов

Общеизвестна роль пернатых в разносе семян, в формировании почвы, в том числе, и в Антарктике [2]. Рассмотрим их значение в распространении полярной микробиоты. Арктика и Антарктика являются исключительно разнообразными, богатыми и экстремальными экологическими системами для птиц. Короткое лето и долгая зима заставляют многих пернатых мигрировать, осуществляя перенос микроорганизмов, в том числе устойчивых к антибиотикам и актуальных в патологии людей. Перелётные птицы являются факторами риска, которые могут внести резистентные бактерии и патогены в плотно заселённые колонии различных популяций животных, живущих в высоких широтах, обеспечивая разнообразие в структуре бактериальных сообществ в Арктике и на паковых (многолетних) льдах Антарктики [129].

Существенной причиной расширения ареала инфекционных заболеваний является изменение путей миграции птиц. В Арктику стали залетать «экзотические» азиатские виды, которые могут быть переносчиками необычных для полярных регионов патогенов [115, 269].

В одном из немногих арктических исследований выявлена *E. coli*, изолированная из мигрирующих прибрежных птиц, обитающих в аляскинской и сибирской арктической тундре. Эта культура оказалась с множественной устойчивостью к антибиотикам [238]. Видимо, эти пернатые получили *E. coli* в местах их зимовок – в плотно заселённых людьми районах Юго-Восточной Азии. Затем вместе с бактериями перемещались в места их гнездования и размножения, обусловив широкое географическое распространение

устойчивых к антибиотикам патогенов. Несмотря на редкость нахождения *E.*

coli у пернатых, необходимо обсудить статью из Чехии о нахождении в изолятах кишечной палочки из помёта черноголовых чаек с высоким содержанием генов и интегронов, устойчивых к противомикробным препаратам [142], что подтверждает находки *E. coli* в орнитогенных пробах наших исследований. В Арктике проводили подсчёт и определяли характер устойчивости к антибиотикам фекальных индикаторных организмов, выделенных из мигрирующих канадских казарок (*Branta canadensis*). Более

95% изолятов *E. coli* были устойчивы к пенициллину G, ампициллину, цефалотину и сульфатиазолу; ни одна из них не была устойчивой к ципрофлоксацину. Выделенные энтерококки показали наивысшую устойчивость к цефалотину, стрептомицину и сульфатиазолу; энтерококки не были устойчивы к хлорамфениколу. Тетрациклины, стрептомицин и гентамицин обеспечили наибольшую дискриминацию среди изолятов *E. coli*. Характеристики устойчивости к хлортетрациклину, цефалотину и гентамицину дали наибольшее различие между штаммами энтерококков [194].

В обследованиях, проведённых в местах, локализованных в более низких широтах, доказано, что перелётные птицы могут быть резервуарами и/или выступать в качестве эффективных «транспортных средств» для сапрозоонозов людей по аналогии распространении иксодовых клещей, инфицированных *Coxiella burnetii*. [252]. При исследовании болгарских, российских и французских учёных у перелётных птиц вдоль пролётного пути над Средиземным и Чёрным морями обнаружены возбудители бактериальных сапрозоонозов, в том числе иерсинии. В 673 пробах помёта и 33 – образца крови выявили ген рДНК *Campylobacter* 16S у 1,3% птиц, но ни одна из них не принадлежала к патогенным видам *Campylobacter jejuni* и *Campylobacter coli*.

Ген рДНК *E. coli* 16S был обнаружен у 8,8% птиц. У 34 птиц из числа обследованных пернатых обнаружены штаммы *Y. enterocolitica* (5,05%) [201].

Итак, заболеваемость клещевым энцефалитом, наличие *Coxiella burnetii* у клещей и диких птиц рассматриваются в ключе проблем глобального потепления, изменения ареала их распространения и миграции [224, 252].

Микроартроподы были найдены в большом количестве в оперении птиц Антарктики. Клещи находились и в содержимом гнёзд, и в подстилающем грунте гнездовых. Высказано предположение об эпидзначении нахождения клещей у дальнеперелетных птиц в регионах VI континента [62].

Имеются публикации, подтверждающие, что сапрозоозы, в частности иерсинии, адаптировались к организму эктопаразитов, преимущественно у птиц и грызунов. Так у 22 видов блох и 7 иксодовых видов клещей были изолированы иерсинии. В Антарктиде у пингвинов из помёта были выделены штаммы *C. jejuni* [164]; *Salmonella enteritidis* (примечательно, что на страницах журнала The Lancet обсуждался вопрос об этом возбудителе – это зооноз у человека или антропоноз у пингвинов? [205]; сальмонеллы в субантарктике: низкая гетерогенность серотипов *Salmonella* у тюленей и птиц с острова South Georgian [209].

В помёте, гуано морских птиц и фекалии ластоногих, в их органах, в пробах орнитогенной почвы из различных регионов Арктики изолированы *E. coli*, *Klebsiella pneumoniae* и энтерококки с генами устойчивыми к большому количеству антибиотиков, кодирующие расширенный спектр β -лактамаз (ESBL). Антарктида пока единственный континент, свободный от ESBL-продуцирующих *E. coli*. Однако число научных сотрудников и туристов, посещающих эту территорию, постоянно растёт, повышая риск переноса этих бактерий, что было показано выделением комменсалов людей в районе научно-исследовательской станции. Важным фактором интродукции микроорганизмов, населяющих организм человека, являются недостаточно утилизированные жидкие отходы, пищевые остатки и мусор полярных поселений, которые попадают в окружающую природную среду и морскую воду, дополняя местную микробиоту антропогенными агентами [258].

Возможность расширения ареала микроорганизмов – это также изменение путей и характера сезонных переселений птиц (кочующих и перелётных). Тонкоклювый буревестник (*Puffinus tenuirostris*) осуществляет перелеты с районов Антарктики до Арктики и обратно. Также на большие расстояния (15-20 тыс. км) летают странствующие альбатросы (*Diomedea exulans*). Однако повадки птиц меняются. А также наблюдаются изменения в поведенческих предпочтениях оседлых птиц (поморников), что было зафиксировано в районах вокруг объектов РАЭ: круглогодичное питание на свалках пищевых отходов и сезонное – в период появления птенцов пингвинов, когда происходит расселение антропогенных видов микробиоты на значительные расстояния. Как пример, выделение в период 56 РАЭ *Shigella dysenteriae* в орнитогенном грунте острова Хасуэлл в 3 км от станции Мирный, что ставит такой же вопрос, как у исследователей *Salmonella enteritidis*: это зооноз у человека или антропоноз у пингвинов или поморников? [84, 205]. Ответы на данные вопросы связаны с выживанием фекальных бактерий в прибрежных водах Антарктики [244] и Арктики, что требует дальнейших исследований на фоне глобального изменения климата [240]. Исследования энтерококков Антарктики, их видового разнообразия и патогенного потенциала, уже начали проводиться [54].

При этом пристальное внимание приобретают исследования бактерий с множественной лекарственной устойчивостью, выделенных от пернатых. Так, ряд штаммов *E. coli*, изолированных в естественных и орнитогенных биоценозах Арктического региона, обладали резистентностью к ряду антибиотиков, не находясь в зоне антропогенного влияния [238]. Данные исследования наводят на мысль, что комменсальные бактерии у людей и животных (у птиц) представляют собой скрытые резервы устойчивости к противомикробным препаратам и могут играть ключевую роль в распространении устойчивости к антибиотикам [121]. Выделение бактерий со сходными свойствами от пернатых на фоне меняющихся путей их миграции в условиях изменения климата говорит об опасности переноса ряда

возбудителей инфекционных заболеваний в полярные глубины с их последующим распространением в воде, почве и воздухе [23, 115, 269].

Таким образом, в полярных регионах местная биота пока менее подвержена воздействию фармакологических антибиотиков. Поэтому она считается особенно уязвимой к антропогенному влиянию [166]. Ключевая роль в распространении полярной микробиоты принадлежит перелётным птицам. При этом у пернатых инфекция протекает в виде энтерита, без выраженных видимых признаков общего заболевания. В доступной литературе отсутствуют сведения о массовых случаях гибели птиц от инфекций в полярных регионах за последние 20 лет. Мигрирующие, кочующие и особенно перелётные водоплавающие птицы могут переносить микробиоту, в том числе и имеющую медицинское значение, с одного полюса планеты на другой. Они являются носителями, резервуарами природноочаговых инфекций для домашних птиц и млекопитающих. Пернатые участвуют в распространении инфекционных агентов, а в их укоренении важную роль выполняют цианобактерии и их маты (ЦБМ, микробные маты).

1.4. Структура и свойства цианобактериальных матов

Оксигенные фототрофные (фотосинтезирующие) цианобактерии относятся к филе *Cyanobacteria*. Большинство видов – свободноживущие, пресноводные, морские и сухопутные, планктонные или бентосные организмы. Они являются основным компонентом микробных матов. Разнообразие освещенности в местах их обитания – от высокой до крайне низкой. Температура от – 2 градусов в антарктических соленых водоемах до + 74 градусов в термальных источниках [79, 125]. Обитают во льдах Арктики, озёрах Антарктики, горячих родниках, пресных и морских водах, различных почвах, холодных и горячих пустынях. Способны к симбиозу с другими прокариотами, простейшими, грибами, растениями, животными, как

эписимбионты и эндосимбионты. Вызывают цветение воды в водоёмах и при этом некоторые виды токсичны для рыб и беспозвоночных [39, 64].

Микробные маты – высокоструктурированные смешанные сообщества на дне морских и континентальных водоёмов, состоящих из цианобактерий, пурпурных и зелёных аноксигенных фототрофных бактерий. Видовой состав микробного сообщества мата определяется градиентами H_2S и O_2 и зависит от освещённости. Обычно в них отмечается чередование по вертикали нескольких слоёв, заселённых различными группами прокариот [39].

Поскольку процесс фотосинтеза у цианобактерий в принципе не отличается от этого процесса у зелёных растений, то их относили к фотосинтезирующим эукариотам, к сине-зелёным водорослям, но по строению своих клеток это типичные грамнегативные прокариоты [79, 125].

Цианобактерии способны заселять всевозможные, в том числе экстремальные, места обитания. В Антарктиде они в основном находятся в оазисах. Антарктические оазисы – это свободные от ледникового покрова участки прибрежной зоны Антарктиды площадью от нескольких десятков до нескольких тысяч квадратных километров, характеризующиеся отличным от окружающих ледниковых пространств специфическим климатом. Местные особенности определяются существованием незамерзающей воды в виде системы сезонных ручьёв и непромерзающих озёр, примитивными криогенно-структурными почвами и биотой [95]. Подавляющее число оазисов расположено в Восточном секторе прибрежной Антарктиды. Наиболее известны и изучены 23 оазиса, занимающие 1-2% площади Антарктиды.

В полярных областях микробные маты подвержены воздействию низких температур, циклам замораживания-оттаивания, резким колебаниям осмотического давления и уровня освещённости. Истинно психрофильные формы (с оптимумом роста менее +20 градусов) встречаются весьма редко [3].

Цианобактерии и их маты (ЦБМ) изучались биологами из Санкт-Петербургского государственного университета (СПб ГУ) в озере Степед, которое находится в районе оазиса Холмы Ларсеманн в Восточной

Антарктиде (69°22'32,81" ю. ш., 76°23'8,94" в. д.) между российской станцией Прогресс и китайской Зонг Шан. Пробы, взятые в марте (в конце южного лета), представляли собой биопленки, собранные со дна вдоль береговой линии, а также всплывшие в результате газообразования в их толще с глубины 2–4 м. Они представляли небольшие образования до 2-3 мм толщиной, а также в виде вмерзших в лед фрагментов. В результате исследований выделено 19 штаммов, депонированных в коллекции CALU СПб ГУ. Их идентификацию проводили с использованием фенотипических признаков (форма, размер клеток, морфология трихомов и клеточных скоплений, пигментный состав) и методами молекулярно-генетического анализа. Проводили амплификацию и секвенирование фрагмента гена 16S рРНК с цианобактериальными праймерами 106f и 781r. Полученные последовательности сравнивали с данными из GenBank программой BLAST. Культивируемые штаммы цианобактерий представлены одноклеточными и трихомными формами [3].

В другом исследовании поверхностные маты и колонии водорослей встречались на увлажненных участках, среди них доминировали нитчатые цианобактерии родов *Oscillatoria*, *Lyngbya*, *Phormidium*, *Schizothrix* или одноклеточные *Microcoleus*, *Gloeocapsa*. При этом часто наблюдались активные азотфиксаторы видов *Nodularia harveyana*, *Scytonema myochrous*, *Calothrix parietina* и *Tolypothrix tenuis* [3].

На богатых солями увлажненных почвах острова Росса наблюдали непрерывные маты осцилляториевых или зеленых нитчатых водорослей *Urospora* sp. площадью вплоть до 500 м². На орнитогенных почвах встречались колонии *Prasiola crispa*, ассоциированные с *Navicula muticopsis* и *Oscillatoria* sp. На юге Земли Виктории были обнаружены черные корки цианобактерий *Calothrix parientina* и *Scytonema* sp. Цианобактерии *Ocellatum* sp., *Gloeocapsa* sp., *Phormidium autumnale* и *Leptolyngbya fragilis* обнаружены на высоте 1200-1750 м [1, 65].

Исследования микробно-водорослевых матов, которые изобильно колонизируют потоки талых вод в полярных, ледниковых и высокогорных

экосистемах, позволяют анализировать микробные сообщества и строение микробных пищевых цепей. Каждый год с наступлением тёплого сезона по мере развития стоков талых вод увеличивается содержание в них растворённых питательных веществ. Сейчас значимость доступа микробиоты к ним заметно возрастает в связи с резким увеличением притока питательных веществ за счёт повышенного таяния ледников, сопровождаемого разжижением водой пород до состояния их текучести с высвобождением дополнительных, бывших ранее недоступными, соединений фосфора и азота [149, 227]. Одновременно идёт активная эрозия вечной мерзлоты даже в сухих долинах Мак-Мердо [150]. Эти процессы сопровождаются переносом таких дополнительных питательных веществ по гидрологической сети в криоэкосистемы, что видно по интенсивному росту микробных матов и ослабляют ограничения для первичной продукции в полярных озёрах [227, 239].

Формирование матов и проявления симбиоза В.А. Крыленковым и А.Е. Гончаровым отнесены к ключевым стратегиям выживания микроорганизмов в криосфере Земли [64]. Они могут выступать первичными продуцентами в симбиотических сообществах микроорганизмов и (или) эффективно использоваться в качестве источника питательных веществ для микробов-резидентов в микробных матах. В них визуально преобладающие цианобактерии синтезируют органические питательные вещества, используемые другими микроорганизмами, входящими в состав мата, включая другие таксоны бактерий, архей, простейших и многоклеточных. Последние, такие как тихоходки, нематоды, коловратки и ногохвостки тоже проявляют симбиотические взаимоотношения [64]. Цианобактерии активно участвуют в сукцессии обычных, полярных озёр и потоках (стоках, ручьях) – это последовательная смена одного биологического сообщества на иное в результате глобального потепления, усиления антропогенной и орнитогенной нагрузок, что видно в настоящее время [45, 147, 149, 181].

Итак, наземные и придонные микробные маты во многих озёрах и потоках талой воды в зонах криосферы планеты являются сложно

структурированными сообществами микроорганизмов, образованных нитчатыми цианобактериями, микробами эукариотами и хемотрофными бактериями, которые являются доминирующими первичными продуцентами, и могут быть особенно чувствительными к глобальному потеплению (увеличивается их рост, но появляются конкуренты в виде высших животных и растений). Они устойчивы к низким температурам, длительной дегидратации, к высоким дозам солнечного излучения (в том числе бактерицидному УФ-спектру) и поддерживают относительно большую биомассу даже в строго олиготрофных условиях. Поэтому изучение матов в крио зонах оправдано в связи с их доминированием в полярных регионах [263] и их активному влиянию на окружающую среду Антарктики, особенно в условиях глобального потепления климата [266].

1.5. Изменение микробных сообществ под влиянием меняющегося климата

В 2012 году в докладе Международной группы экспертов по процессам изменения климата спрогнозирован рост средней температуры приземного воздуха в Арктике на + 5-6 градусов к 2099 г. При этом данные изменения экспертами названы «экстремальными климатическими явлениями» с отрицательным влиянием на естественную физическую среду [236]. Данные заключения были основаны на ряде глубоких исследований и обобщений [240], но они выходят за рамки темы диссертации. Однако продолжение глобального потепления приведёт к изменениям в реакциях микроорганизмов полярных экосистем. Недостаточная характеристика микробного потенциала в холодных условиях препятствует предсказательным возможностям прогностических моделей, основанных на обмене CO₂ в Северной Америке [231]. Ведущими экспертами признан данный недостаток. Сообщаются идеи по изучению микробной экологии полярных зон как предиктора глобального потепления [64, 84].

В настоящий момент активно рассматривается проблема смещения общеизвестных климатических зон под влиянием температурного фактора. Причем наибольшее увеличение видового разнообразия фиксируется в пробах естественных и орнитогенных биоценозов, что имеет объективные причины: поскольку географические ареалы видов животных и микроорганизмов естественным образом колеблются в пространстве и во времени, то климатические изменения могут вызвать массовые перемещения таксонов на новые территории, что связывается с предпосылками изменения здоровья и благополучия человека [206, 212]. При этом именно глобальное потепление климата ведёт к увеличению осадков и повышению относительной влажности, низкие показатели которых являются главным лимитирующим фактором в полярных условиях для автохтонной и привнесённой микробиоты. Под воздействием повышения температуры многие млекопитающие и птицы стремятся в места с более благоприятным для них климатом, перемещаясь дальше на север или мигрируют в высокогорные районы [89, 115, 224, 252, 269]. С данными животными активно продвигается и их микробиота. Особая роль при этом отводится многочисленным полярным птицам, которые в эпидемическом смысле выполняют роль мелких млекопитающих средних широт (мышевидных грызунов и крыс). Они пока не смогли закрепиться на арктических архипелагах и в прибрежных районах Антарктиды, хотя регулярно доставлялись в поселения морским транспортом. Однако среди животных, связанных с наибольшим количеством возбудителей инфекций, второе место после обезьян занимают грызуны [115, 269]. Поэтому их необходимо постоянно отслеживать, что в большей степени актуально для Арктики, где потепление климата приводит к смене биот: место тундры постепенно занимает тайга. В результате таких процессов ареал обитания диких грызунов с их микробиотой неуклонно расширяется. Надо постоянно уточнять границы распространения возбудителей сапрозоонозов [78].

Движение таёжного леса и его обитателей на север связано с уменьшением площади вечной мерзлоты. По прогнозам специалистов, её

общая площадь за ближайшие 25 лет уменьшится на 10-12%, а её граница может сдвинуться на 150-200 км на северо-восток. Данная информация имеет важное прогностическое значение, поскольку основным резервуаром микроорганизмов в природных условиях является почва. Кроме того, вечная мерзлота представляет собой структурно неоднородную матрицу внешней среды, совмещающую в себе долгосрочные замороженные запасы микробной биомассы и геномное разнообразие прошлых климатических периодов (даже старше 1 миллиона лет) [144, 145], что связывают с изменением углеродной обратной связью вечной мерзлоты [232].

Известно, что изменение климата в российской Арктике более выражено, чем в любой другой части страны. Так между 1955-2000 гг. среднегодовая температура воздуха там повысилась на 1,28 ° C. В то же время за этот период средняя температура верхнего слоя вечной мерзлоты возросла на 3,8 ° C. Изменение климата на Русском Севере увеличивает риски возникновения зоонозных инфекционных болезней с повышением уровня заболеваемости среди людей, домашних и диких животных клещевым энцефалитом, туляремией, бруцеллезом, лептоспирозом, бешенством и сибирской язвой [89]. По последнему сапрозоонозу прогноз Б.А. Ревич в 2011 году подтвердился через 5 лет её вспышкой в Ямало-Ненецком АО [81, 90,]. Сибирская язва относится климатозависимой инфекции. Погодные изменения вполне могут быть причиной дополнительного риска заражения не только за счет расширения ареала инфекционных трансмиссивных и зоонозных возбудителей, но и улучшения условий зимовки их переносчиков из-за повышения зимних температур и уменьшения толщины снежного покрова [90, 195]. Уже составляются прогностические карты Европе по уязвимости от изменения климата для инфекционных заболеваний [235].

Рост клещевой активности и связанная с ней заболеваемость правомочно рассматривать как биологический индикатор (предиктор) глобального потепления климата. Данные показатели в значительной степени связаны с расширением диапазона распространения *Ixodes persulcatus* и его большей

активностью на обычных территориях его распространения. Их ареал с зарегистрированными случаями клещевого энцефалита также расширяется на север. Поэтому климатические изменения являются важным фактором роста данной заболеваемости [89, 91, 252].

Максимальное значение в условиях холодного полярного климата имеют психрофильные микроорганизмы, возбудители сапрозоонозов. Важными и наиболее изученными их представителями являются бактерии рода *Yersinia* [79, 116]. Так, нахождение штаммов *Y. intermedia* во всех видах изучаемых биоценозов на архипелагах Шпицберген [27] и Северная Земля указывает на вероятность инфицирования пришлого населения. Известно, что этот вид микроорганизмов ассоциирован не только с развитием диарейных заболеваний у детей в Арктике [47, 53, 100], но также может быть опасным для всех обитателей, находящихся в условиях длительного холодового стресса, неустойчивого водопроводно-канализационного обеспечения, сниженного внимания к санитарно-гигиеническому состоянию жилых помещений и объектов общественного питания [4, 37, 38, 104]. Особую тревогу вызывает факт обнаружения *Y. intermedia* в воде источников водоснабжения.

Общеизвестна высокая инфицированность гельминтами местного населения АЗРФ как фактор снижения иммунитета. Если у животных гельминты приводят к уменьшению привеса, то у людей вызывают разнообразные непатогномоничные симптомы, с которыми человек может прожить всю жизнь. Промежуточным хозяином паразитических червей является рыба, преимущественно сиги, а укоренившееся употребление сырой рыбы в пищу приводит к описторхозу [115, 269]. При этом резистентность у населения снижается, что наряду с экстремальными природно-климатическими условиями высоких широт способствует заражению бактериальными возбудителями сапрозоонозов таких как туляремия, лептоспироз, листериоз, иерсиниозы, а среди животных заболевания, которые имеют тенденцию к более частому возникновению: ботулизм, бруцеллез копытных, эхинококкоз [75, 115, 269]. Ботулизм в Арктике связан с северными

оленьями – в ямах, где малочисленные народы Крайнего Севера хранят мясо этих животных, при потеплении, возможно, их инфицирование [269].

Численность коренных народов Крайнего Севера составляет всего 160 тыс. человек. Потепление в АЗРФ создаёт реальные проблемы с хранением пищевых продуктов, которые наряду с употреблением воды из открытых водоисточников проявляются в виде увеличения доли острых кишечных инфекционных заболеваний неустановленной этиологии (ОКИНЭ) [115, 269]. Так, второе ранговое место после ветряной оспы на территориях большинства районов АЗРФ занимают ОКИ, в основном, неустановленной этиологии. Наиболее высокие уровни заболеваемости ими регистрируются в 2018 г. в Ненецком АО (786,4 случая на 1000000 населения, что в 2,3 раза выше, чем в целом по РФ). Повышенный уровень заболеваемости отмечается в 18 муниципальных образованиях АЗРФ. Наиболее высокие показатели – в Оленёкском улусе и в г. Салехард (1006,9 и 2272,6 случаев на 100000 населения соответственно). Уровень заболеваемости в Чукотском АО в 1,2 раза превышает общероссийский уровень (420,7 случаев на 100000 населения), где основную массу ОКИ составляют инфекции неустановленной этиологии (69,7 % случаев), что связано с недостаточным оснащением лабораторий в отдалённых районах и невозможностью оперативной доставки материалов для лабораторных исследований в окружной центр. Повышенный уровень заболеваемости ОКИ и ОКИНЭ связан с крайне низким уровнем санитарной культуры местного населения, отсутствием санитарной очистки в ряде поселений, недостаточным обеспечением населения качественной питьевой водой, отсутствием в сельской местности системы централизованного водоснабжения, использованием для питьевых нужд снега и льда [32, 53].

Большую роль в возникновении инфекционных заболеваний оказывает влияние типов питания на иммунный статус коренных народов и животных, находящихся в экстремальных условиях высоких широт [9, 53, 122]. Одновременно наблюдается постоянное распространение микроорганизмов из южных регионов на север и юг в связи с трёхкратным убыстрением

потепления климата в Арктике и Антарктике по сравнению со средней полосой планеты, которое обусловлено «петлями обратной связи» [173, 206]. При этом происходит сдвиг ареалов и интродукция неместных видов с очень высокой скоростью распространения всех таксонов на север: 17 км за десятилетие в почве и до 72 км – в морской воде [134, 217, 241].

С повышением температуры и влажности холодолюбивые животные лишаются привычной кормовой базы. Так, мохноногие канюки изменили привычный рацион: перешли на поедание полёвок вместо леммингов; белые медведи ищут пропитания в полярных поселениях из-за сокращения времени устойчивого ледового покрова летом и осенью, что приводит к ухудшению кормёжки тихоокеанского моржа и уменьшению его численности. Моржи являются основой питания белых медведей и традиционным объектом охоты коренных малых народов Крайнего Севера. Угрожающая обстановка складывается и с северными оленями. Изменение климата и освоение природных ископаемых приводит к уменьшению площадей пастбищ с изменением миграционных путей. Эта ситуация ведёт к сокращению их численности и вместе с природной проблемой вокруг моржа – традиционный рацион питания аборигенов меняется [100, 107, 115, 122, 269]. Наряду с изменением традиционных ареалов обитания потенциальных возбудителей и их переносчиков инфекционных заболеваний при глобальном потеплении происходит ухудшение привычных условий хранения пищевых продуктов у малочисленных коренных народов и пришлого населения Крайнего Севера, что приводит к росту ОКИ и ОКИНЭ [100, 115, 187, 248, 269].

В Антарктике влажный пух птенцов пингвинов ведёт к их переохлаждению и снижению защитных сил вплоть до массовой гибели. В последние годы от ледников Антарктиды, за которыми ведётся наблюдение многими десятилетиями, откалываются айсберги, площадью сравнимой с малыми государствами Европы. В таких условиях многие представители бактериальной микробиоты естественных полярных биоценозов проявляют свойства агентов эмерджентных инфекций, в том числе и возбудителей

ИСМП, которые могут повторно активироваться при деградации вечной мерзлоты [27, 40, 92, 145, 154]. При этом страдает инфраструктура полярных городов и посёлков: деформация вечной мерзлоты приводит к нарушению функционирования различных инженерных сооружений, в том числе водопроводно-канализационных систем. Поэтому появляется опасность инфицирования питьевой воды [4]. При всем кажущемся обилии воды в АЗРФ катастрофически не хватает чистой воды. При этом, по мнению ряда специалистов, Северный Ледовитый океан является «сточной канавой» Евразии и Северной Америки: воды северных рек помимо химических и физических контаминантов содержат разнообразные микроорганизмы [96]. В целом ни один регион Арктики не имеет питьевой воды высокого качества [115, 269]. Не лучше положение с водоснабжением на объектах Высокоширотной арктической экспедиции (ВАЭ) и Российской антарктической экспедиции (РАЭ). Использование талой деминерализованной воды из поверхностного льда и снега являются факторами риска развития ОКИ и за время 12 месячной зимовки нарушают минеральный обмен веществ в организме многих сотрудников РАЭ [33].

Итак, природноклиматические особенности полярных регионов влияют на динамику микробных сообществ в окружающей среде, что должно быть видно на территориях с минимальной антропогенной нагрузкой. К такому месту относится архипелаг Северная Земля – научный полигон влияния искусственной среды жизнедеятельности людей и природно-климатических условий на экологию микробиоты. Учитывая важность данной территории для понимания происходящих процессов с малоизученной арктической микробиотой дадим краткую характеристику района круглогодичной станции Мыс Баранова, которая немаловажна для продолжения работ по микробиологическому мониторингу в столь значимом участке Северного морского пути (СМП) [22, 48, 49, 105].

Медико-биологическое описание района микробиологического мониторинга на примере острова Большевик архипелага Северная Земля

Административно данная территория входит в Таймырский Долгано-Ненецкий муниципальный район Красноярского края. Ближайший город Норильск расположен в 1125 км. Это зона арктической пустыни со сплошной многолетней мерзлотой. Остров омывается морями: Карского и Лаптевых. От материка его отделяет пролив Велькицкого, от острова Октябрьской революции — пролив Шокальского. Занимает площадь 11312 км², составляя треть всего архипелага. Рельеф преимущественно равнинный с небольшими холмами, местами, переходящими в возвышенности с высшей точкой 935 м. над уровнем моря. Береговая линия сильно изрезана, образуя много заливов. Имеется большое количество рек. Однако озер здесь мало и все они не крупные. Климат морской арктический. Средняя годовая температура уже много лет держится на отметке –14-16 градусов, при этом зимой достигает –40 градусов, летом редко поднимается выше +5 градусов. Осадков выпадает мало – до 400 мм в год, преимущественно с июня по август. При продолжительности полярного дня 140 суток сезон с положительной среднесуточной температурой воздуха не превышает 2,5 месяца. Даже летом почва оттаивает только на поверхности. Площадь 30 % всего острова (свыше 3 тыс. км²) занимают ледники, которые никогда не тают, самые крупные называются Ленинградским, Кропоткина, Мушкетова. Из-за круглогодичной низкой температуры, частых шквальных ветров и прочих неблагоприятных условий остров Большевик остаётся необитаемым, где гнездится много видов птиц, есть белые медведи, северные олени, волки, песцы, имеются лежбища тюленей и моржей. Около 25000 лет назад здесь обитали мамонты. В настоящее время на острове были расположены наряду с ледовой базой Мыс Баранова также 2 законсервированные полярные станции: на юге Солнечная и Песчаная – на севере. Логистика жизнеобеспечения пришлого населения весьма сложная: доставка грузов осуществляется из порта Архангельск, а персонал базы, рабочие золотых приисков и снаряжение — авиацией из Красноярска через Хатангу, а затем вертолетом, в навигацию — морским путем. Передвижение по территории острова осуществляется колесным и

гусеничным транспортом. Геологическое строение острова характеризуется высокой золотоносностью и значительной обогащаемостью органическим веществом (1–18 %) от фауны и антропогенного присутствия [22, 105].

Таким образом, необходим синтез многолетних сведений о параметрах геохимических, гидрологических и биогеохимических процессов, взаимоувязанных с изучением процессов жизнедеятельности биоты в криосфере. Такой целевой анализ процессов трансформации ландшафтов и акваторий Арктики создаст основу для новых инициатив в области мониторинговых исследований высоких широт [228, 229, 320].

1.6. Особенности микробиологических лабораторных исследований в структуре медицинского обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации

Микробиологические лабораторные исследования регламентируются Руководством по медицинскому обеспечению ВС РФ на мирное время (утверждено и введено в действие с 01. 01. 2017 года приказом заместителя Министра обороны РФ № 999). В приложении № 11 определяется Номенклатура обязательных гигиенических и санитарно-микробиологических исследований, проводимых медицинской службой воинской части и специалистами санитарно-эпидемиологической лаборатории (взвода) медицинской роты. Медицинская служба воинской части проводит отбор проб на санитарно-показательную микрофлору объектов питания и воды. Специалистами санитарно-эпидемиологической лаборатории (взвода) медицинской роты должны проводиться (по теме настоящей диссертации) следующие исследования:

1) на условно патогенные энтеробактерии (*Proteus*, *Citrobacter* и др.) с идентификацией выделенных культур до рода и установлением этиологической роли возбудителя:

– материал от пациентов (испражнения, рвотные массы, промывные воды желудка) и контактных лиц (испражнения);

– материал от работников питания и водоснабжения (испражнения);

2) на возбудителей псевдотуберкулеза:

– материал от пациентов (испражнения, отделяемая слизь из зева, кровь, мезентериальные лимфоузлы, моча, ликвор, содержимое удаленных аппендиксов);

– смывы с объектов столовых, продовольственных складов и овощехранилищ;

– смывы с овощей (лук репчатый, капуста, морковь, свекла, картофель и др.), фруктов и тары для их хранения;

– пищевые продукты (салаты из сырых овощей), вода.

3) на возбудителей кишечного иерсиниоза и других иерсиний:

– материал от пациентов (испражнения, отделяемая слизь носоглотки, кровь, мезентериальные лимфоузлы, содержимое удаленных аппендиксов и воспалительных очагов);

– смывы с овощей, фруктов, тары для их хранения, пищевые продукты (молоко и молочные продукты), вода;

4) Определение чувствительности выделенных культур к антибиотикам методом бумажных дисков.

В связи с низкой температурой и связанной с ней вялой активностью природных биохимических процессов в Арктике отмечается весьма замедленный темп естественной очистки окружающей среды. Поэтому в американских публикациях рекомендуют перед бактериологическими исследованиями проверить пробы на стойкие органические загрязнители, ртуть, её соединения и другие тяжелые металлы [196].

Методические рекомендации по иерсиниозам для ВС изданы в 1984 г. Специалистами органов и учреждений системы государственного санитарно-эпидемиологического надзора ВС РФ целесообразно использовать следующие руководящие документы: 1) Эпидемиологический надзор и профилактика псевдотуберкулеза и кишечного иерсиниоза: методические указания МУ 3.1.1.2438-09 [114]; 2) Организация и проведение лабораторных исследований на иерсиниозы на территориальном, региональном и федеральном уровнях:

методические указания МУК 4.2.3019-12 [82]. Для осуществления этиологической расшифровки остальных возбудителей сапрозоонозов необходимо использовать Руководство по медицинской микробиологии в 2 книгах под редакцией А.С. Лабинской и др [68, 69]. Материал от больных исследуется в соответствии с Руководствам по частной микробиологии [108] и клинической микробиологии [265]. Алгоритм лабораторной диагностики представлены в публикациях О.Н. Софроновой [102], М.В. Чесноковой [109]. Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам проводятся по Клиническим рекомендациям (Версия-2018-03) [80]. Итак, вышеперечисленные микробиологические лабораторные исследования целесообразно использовать в условиях функционирования вахтовых посёлков по добыче полезных ископаемых, при развёртывании «Арктических бригад», зимовок и сезонных работ объектов РАЭ и ВАЭ, проведения микробиологического мониторинга для изучения психрофильных микроорганизмов, имеющих эпидемиологическое значение – возбудителей сапрозоонозов в высоких широтах планеты.

1.7. Генетические и фенотипические маркеры вирулентности и антибиотикорезистентности возбудителей сапрозоонозов

Многие из обитателей криосферы (бактерий-криофилов) проявляют феномен паразитизма, что выражается в упрощенном образе жизни: наличии белков адгезии, существенном сокращении или отсутствии наборов генов для биосинтеза аминокислот, кофакторов, нуклеотидов, липидов и витаминов [64, 175, 178, 204]. В этом заключаются отличия от типичных характеристик, присущих всем иным известным бактериальным геномам. Так, малый геном в сочетании с отсутствием биосинтетических возможностей и механизмов репарации ДНК, но наличием белков адгезии у обитателей многолетнемёрзлых грунтов из таксона *Parcubacteria* может указывать на эктосимбиотический или паразитический образ жизни путём прикрепления к поверхности иных микробных клеток, которые имеют механизмы доступа к

питательным и энергетическим источникам, доступным бактериям-хозяевам [152, 204]. Вероятно, по такому механизму выживают и могут закрепляться в суровых полярных регионах условно- и облигатно-патогенные бактерии, возбудители сапрозоонозов в цианобактериальных плёнках и их матах. Итак, такие симбиотические или паразитические формы существования могут быть одной из форм жизни в экстремальной криогенной среде [64, 151, 160, 176, 274, 264, 268].

Рассмотрим на примере возбудителей сапрозоонозов клеточные и молекулярные механизмы, сохраняющие, поддерживающие и увеличивающие вирулентность патогенов в криогенной среде. Так, горизонтальный перенос генов (ГПГ) у психрофильных прокариот протекает интенсивнее, чем у мезофильных бактерий. Выявлено, что приобретение «острова высокой патогенности» у *Y. pseudotuberculosis* наиболее эффективно происходит при низких (от 4 до 12°C) температурах [184, 185]. Процесс ГПГ играет значимую роль – боковой (горизонтальный) перенос генов, эволюция бактериального генома и антропоцен [158], где под термином «антропоцен» понимают эпоху с высоким уровнем человеческой активности, воздействующей на дикую природу и играющей существенную роль в микробиоте экосистемы Земли.

Важным резервуаром генов является иммобилизованная в вечной мерзлоте ДНК, которую потенциально возможно получить через ГПГ — процесс, в котором организм передаёт генетический материал организму-непотомку из микроорганизмов, сохранившихся при таянии льда. Метагеномный анализ ДНК из сообществ микробов в образцах льда возрастом 100000-8000000 лет позволил выявить массу разнообразных ортологов (гомологи генов, которые разошлись в результате видообразования) для существующих метаболических генов [126].

Итак, в геологическом прошлом процесс таяния полярного льда мог обеспечить возможность для крупномасштабного ГПГ с преобразованием микробной филогении, изменяя направление их развития друг от друга с ускорением темпа эволюции микроорганизмов [64, 126].

Следующим фактором вирулентности облигатно- и условно-патогенных бактерий относятся многообразные системы захвата железа. Многие микроорганизмы при снижении доступа железа в почве синтезируют сидерофоры (внеклеточные низкомолекулярные агенты). С их помощью они создают комплексы с железом и проводят его перенос в клетку [117, 126]. По своей химической природе сидерофоры являются фенолятами, которые выделяют некоторые энтеробактерии. Так, иерсиниабактин – высокоаффинная железо-хелатирующая система рода иерсиний. Системный комплекс, обеспечивающий биосинтез, транспорт и стабилизацию иерсиниабактина, расположен в большом хромосомном участке, как отмечено выше – «островом высокой патогенности» (the high pathogenicity island, HPI) и несёт гены болезнетворности и мобильности [132, 184].

Сидерофоры нужны для выживания бактерий, в том числе для психрофилов, в условиях недостатка железа, как в организме многоклеточного хозяина, так и в окружающей среде. Они действуют так же, как антибиотики и факторы роста. Так, штамм *Pseudomonas fluorescens* способен продуцировать сидероформный компонент, ингибирующий рост *Erwinia caratovora* путём хелатирования железа [174].

Гены, обеспечивающие захват железа из гемоглобина и его утилизацию, являются существенными факторами патогенности, способствуя генерализации инфекции, что отмечается при иерсиниозах [218]. Причём у патогенных иерсиний кластер генов, регулирующих производство сидерофора иерсиниабактина, находится в структуре мобильного генетического сегмента – HPI [132, 165]. Этот генетический элемент весьма широко представлен не только у иерсиний, но и среди наиболее вирулентных штаммов энтеробактерий. Так HPI задействован в патогенезе инфекций мочевыводящих путей, вызванных *E. coli* [124], а также среди возбудителей инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСМП) таких родов, как *Citrobacter*, *Salmonella*, *Serratia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* [26, 124, 179].

Итак, НРІ вначале обнаруженный у типичных психрофилов, характерен и для высоко патогенных видов энтеробактерий, обуславливающих ИСМП [17, 26, 40, 132, 184]. Примером дальнейшего изучения НРІ является открытие УАРІ, нового острова патогенности, влияющего на особенности патогенеза псевдотуберкулёза [135]. Показано, что *Y. pseudotuberculosis* производит суперантиген (*Y. pseudotuberculosis*-derived mitogen, YPM), ответственный за поликлональную активацию Т-лимфоцитов и гиперпродукцию провоспалительных цитокинов. Так, 98% штаммов, выделенных от больных псевдотуберкулёзом на Дальнем Востоке РФ, в Японии и Южной Корее, содержат суперантиген, вызывающий системное поражение тканей и органов [155]. Естественную систему переноса хромосом у *Y. pseudotuberculosis* изучала группа французских учёных [183]. Продолжение изучения генотипов штаммов *Y. pseudotuberculosis*, их клиническое и диагностическое значение представлены в публикациях Г.И. Кокориной [55, 56].

Представим краткую характеристику публикациям по наиболее значимым иерсиниям: – дальневосточная скарлатиноподобная лихорадка (ДСЛ), вызванная несколькими родственными генотипами *Y. pseudotuberculosis* [250]; – объясняет правомочность оставления названия ДСЛ псевдотуберкулёзной инфекции публикация ведущего эксперта по иерсиниям Н. Fukushima, показавшего географическую неоднородность между странами Дальнего Востока и Запада в отношении распространённости плазмиды вирулентности, митогена, производного от суперантигена *Y. pseudotuberculosis*, и НРІ среди его штаммов. Эти различия, проявляющиеся типичным для РФ, Японии и Южной Кореи симптомокомплексом псевдотуберкулёза, получило название ДСЛ, так как основные клинические симптомы инфекции в этих странах разнообразнее и тяжелее, чем на Европейских территориях и характеризуются системными проявлениями болезни [55, 56, 155]; молекулярно-биологическая характеристика *Yersinia enterocolitica*, циркулирующих в различных регионах РФ [46]; иерсиниоз во Франции: обзор и потенциальные источники инфекции [182]; резкое

увеличение инфицирования *Y. enterocolitica* серогруппы O: 8 в Польше [220]; сезонность биосеротипа 1B / O *Y. enterocolitica*: 8 случаев заражения в Польше [221]; *Y. enterocolitica* и *Y. enterocolitica*-подобные виды в клинических образцах стула человека: идентификация и распространенность био / серотипов в Финляндии [237].

Важной информацией является: дифференциация биотипа 1A *Yersinia enterocolitica* от патогенных биотипов *Yersinia enterocolitica* путем выявления активности б-глюкозидазы: сравнение двух хромогенных питательных сред и Vitek [180]. Во-первых, 1A *Yersinia enterocolitica* весьма часто выделяется из объектов окружающей среды; во-вторых, давно и безрезультатно решается вопрос о её патогенности для людей и животных.

Таким образом, даже неполное описание последних публикаций по возбудителям псевдотуберкулёза (ДСЛ) и кишечного иерсиниоза показывают актуальность изучения данных бактериальных агентов. Чтобы знать максимальную локализацию возбудителей иерсиниозной инфекции (ИИ) надо понимать патогенез этих заболеваний, который описан в монографии [112] и публикации [157].

Диагностическая ценность ПЦР при иерсиниозах показана ещё в 1997 г в работах Н.В. Михайлова [61]; скрининговая ПЦР-диагностика полевого материала на иерсиниозы [50]; молекулярно-генетический мониторинг на основе ПЦР O-генотипирования и молекулярно-генетическая структура *Y. pseudotuberculosis* в Иркутской области [51, 52]; ПЦР-определение генов вирулентности у *Y. enterocolitica* и *Y. pseudotuberculosis* с исследованием распределения генов вирулентности [249] показывает значение молекулярной диагностики в изучении возбудителей иерсиниозов. Постоянно проводятся работы, повышающие эффективность этого метода – оценка различных методов обогащения для обнаружения патогенных видов *Yersinia* с помощью ПЦР в реальном времени [123]. ПЦР используется для исследования материалов из полярных зон: применение ПЦР в реальном времени для

множественного обнаружения генов устойчивости к антибиотикам в образцах ледникового льда [259].

Использование базы данных профилей масс-спектров бактерий рода *Yersinia*, близкородственных *Y. enterocolitica* видов, для MALDI ToF масс-спектрометрии ускоряет и объективизирует исследования [15].

Учитывая основной фактор передачи возбудителей иерсиниозов через пищу, необходимо указать материалы по этой тематике: ГОСТ ISO 10273-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Горизонтальный метод выявления условно-патогенной бактерии *Yersinia enterocolitica*» [34]; ГОСТ Р 57989-2017 Продукция пищевая специализированная. Методы выявления патогенных микроорганизмов на основе полимеразной цепной реакции [35]; использование селективной хромогенной пластины для обнаружения патогенных *Y. enterocolitica* в миндалинах свиней [141]; статья Н. Fukushima о выявлении *Y. enterocolitica* и *Y. pseudotuberculosis* в пищевых продуктах; обычные и молекулярные методы, используемые для обнаружения и определения подтипов *Y. enterocolitica* в пищевых продуктах [156]; эпидемиологическая опасность образования биоплёнок в условиях пищевого производства [88]; характеристика и патогенность *Y. pseudotuberculosis*, выделенной от свиней и других животных [255]; обычные и молекулярные методы, используемые для обнаружения и определения подтипов *Y. enterocolitica* в пищевых продуктах [216]; влияние методологий отбора проб и кратковременной изоляции на выявление патогенных человеческих *Y. enterocolitica* из миндалин свиней [260]; вспышка весной 2014 г инфекции, вызванной *Y. pseudotuberculosis* O: 1, связанная с потреблением сырого молока в Финляндии [211]; *Y. enterocolitica* и *Y. enterocolitica*-подобные виды в клинических образцах стула человека: идентификация и распространенность био / серотипов в Финляндии [237].

Наряду с подробно представленными материалами по возбудителям псевдотуберкулёза и кишечного иерсиниоза необходимо показать близкие к ним микроорганизмы. Важность происхождения условно-патогенных и

непатогенных иерсиний обусловлено их выделением в полярных условиях. Вполне можно предположить наличие патогенных иерсиний по найденным родственникам. О параллельной независимой эволюция патогенности в пределах рода *Yersinia* важно помнить с учётом *Y. pestis* [223]. Обобщающая статья об общебиологическом и медицинском значении изучения возбудителя псевдотуберкулёза подробно описано в обзоре литературы [254].

Наиболее полно редковыделяемые иерсинии представлены в обзорных статьях И.В. Смирнова и А. Sulakvelidze [93, 245]. Актуальность редко выделяемых представителей рода показаны в публикациях О.Н. Софроновой [101, 102,]; Н.В. Старостиной – об эпидемиологических и экологических особенностях заболеваний, вызываемых *Y. frederiksenii*, *Y. kristensenii* и *Y. intermedia* [103]. Рядом исследователей описаны клинические особенности пациентов с новыми видами *Yersinia* [190]; характеристика атипичных изолятов *Y. intermedia* и определение двух новых биотипов [192]; *Yersinia aleksiciae* sp. nov. и *Yersinia similis* sp. nov [242, 243]; выделение и характеристика *Yersinia ruckeri* при гибели карпов в прудах на юге России [43]; описание *Y. ruckeri*, необычного микроорганизма, выделенного при раневой инфекции человека [140]; диагностика и антибиотикорезистентность штаммов *Y. ruckeri*, выделенных из форелевых рыбоводных хозяйств Болгарии [207]; инфекция *Y. ruckeri* у лососевых рыб [251]; комплекс *Y. pseudotuberculosis*: характеристика и определение нового вида, *Yersinia wautersii* [226]; описание *Yersinia entomophaga* sp. nov., выделенный из новозеландской личинки *Costelytra zealandica* [171]; *Yersinia nurmii* sp. nov. [198]; *Yersinia pekkanenii* sp. nov. [199]; *Yersinia massiliensis* sp. nov., изолирован из пресной воды [193].

Однако не всё так равнозначно в роде *Yersinia*: идентификация патогенных штаммов внутри серогрупп *Y. pseudotuberculosis* и наличие непатогенных штаммов, выделенных от животных и окружающей среды [200]; сравнение систем идентификации и дифференциации видов в роде *Yersinia* [202]; *Y. wautersii* следует по-прежнему классифицировать как «корейскую группу» комплекса *Y. pseudotuberculosis*, а не как отдельный вид [203].

Определённые надежды вызвало описание нового гена подтипа термостабильного энтеротоксина (yst B) *Yersinia enterocolitica*: нуклеотидная последовательность и распределение генов yst [219]. Однако эти гены оказались неактивными при 37 градусах и не имеют клинического значения.

Методические проблемы низкой выделяемости патогенных *Yersinia enterocolitica* в клинических, пищевых и экологических образцах подробно обсуждается в публикациях [153]. Продолжаются работы по улучшению и оценке питательных сред (агар цефлодин-иргасан-новобиоцин) для выделения иерсиний [246]. Упрощённую фенотипическую схему, оценённую с помощью секвенирования 16S rRNK для дифференциации между *Y. enterocolitica* и *Y. enterocolitica-like* (подобными видами) представили в тезисах [167].

Иерсинии представляют идеальную модель для общебиологических исследований и обобщений: внешние белки иерсиний и их роль в модуляции сигнальных ответов и в патогенезе клетки-хозяина [262]; гены, связанные с вирулентностью, адгезия и инвазия некоторых штаммов *Y. enterocolitica-like*, предполагают её патогенный потенциал [172].

Отдельной темой можно было бы представить 9 родов из недавно выделенного семейства *Yersiniaceae* [116]. Так представители рода *Serratia* выделяются в полярных регионах, некоторые из них вызывают инфекционные осложнения, связанные с оказанием медпомощи (ИСМП), проявляя экстремальную резистентность к антибиотикам [28].

При этом пристальное внимание приобретают исследования бактерий с множественной лекарственной устойчивостью, выделенных от пернатых. Так, ряд штаммов *E. coli*, изолированных в естественных и орнитогенных биоценозах Арктического региона, обладали резистентностью к ряду антибиотиков, не находясь в зоне антропогенного влияния [159, 186]. Антибиотикорезистентность, как проблема глобального распространения на примере некоторых антарктических орнитофильных энтеробактерий [29].

Исследуя криозоны получают фармакологические возможности получения препаратов: Tn5045, новый интегрон-содержащий антибиотик и

транспозон устойчивости к хроматам, выделенный из бактерий вечной мерзлоты [214]; исследуя генетическую структуру и биологические свойства первой древней плазмиды мультирезистентности pKLN80, выделенной из бактерии вечной мерзлоты, позволяет восстановить истоки явления устойчивости к антимикробным препаратам [215].

Обобщающими обзорами являются: эволюция и экология генов устойчивости к антибиотикам [119]; устойчивость к антибиотикам грамотрицательных бактерий: *Enterobacteriaceae* [210]; потребление антибиотиков и его влияние на резистентность *Enterobacteriaceae* [233]; перенос бактерий с множественной лекарственной устойчивостью между смешанными экологическими нишами, как интерфейс между людьми, животными и окружающей средой [136]; доказательства циркуляции устойчивых к противомикробным препаратам штаммов и генов в природе и особенно между людьми и животными [267]; происхождение и эволюция устойчивости к антибиотикам [138]; функциональная характеристика бактерий, выделенных из древней арктической почвы, выявляет различные механизмы устойчивости к современным антибиотикам [213]; схема функциональной классификации β -лактамаз и ее корреляция с молекулярной структурой [131]; β -лактамазы расширенного спектра действия [137]; устойчивость к β -лактамам у грамотрицательных патогенов, выделенных от животных [253]; патогены человека и устойчивость к антибиотикам в полярных регионах [168]; распределение генов устойчивости к антибиотикам в ледниковой среде [234].

Итак, работая с полярной микробиотой, особенно с древней арктической почвой и материалами из Антарктики, становится понятной история развития устойчивости к современным антибиотикам. Несмотря на достигнутые успехи в этиологической расшифровке заболеваемости иерсиниозами и другими сапрозоонозами, остаются нерешенными вопросы малой доли высеваемости патогенных возбудителей, особенно из объектов окружающей среды, что связано с методическими проблемами, в том числе при проведении

микробиологического сопровождения санитарно-гигиенических и противоэпидемических (профилактических) мероприятий и осуществления стратегии мониторинга при проведении данных работ.

1.8. Микробиологический мониторинг как составная часть санитарно-гигиенического, эпидемиологического динамического надзора

В условиях полярных поселений и в организованных коллективах часто отмечаются ошибки в диагностике спорадической заболеваемости сапрозоонозами, и в первую очередь – иерсиниозов. Под термином иерсиниозная инфекция объединяют заболевания, обусловленные бактериями *Y. pseudotuberculosis* и патогенными *Y. enterocolitica*. Известно, что они отличается выраженным полиморфизмом клинических проявлений и отсутствием чётких патогномоничных симптомов, затрудняющих диагностику. Нередки случаи постановки таким больным «терапевтических, хирургических, дерматологических и аллергических» диагнозов, а также из-за отсутствия установления этиологии инфекции у таких лиц, на фоне резкого снижения иммунитета, развивается хроническое течение болезни [56, 112]. Поэтому актуально проводить микробиологический мониторинг за иерсиниями и другими возбудителями сапрозоонозов для объективной оценки эпидемического процесса и проведения обоснованных санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий при сапрозоонозах в организованных коллективах полярных регионов. Для осуществления данных работ использовался многолетний опыт осуществления микробиологического мониторинга при проведении эпидемиологического надзора и санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий в Ленинградском гарнизоне [83б].

Перспективным направлением микробиологического мониторинга является этиологический прогноз заболеваемости. Поэтому прогнозирование является главным смыслом его проведения. Так, анализ эпидемиологической ситуации по псевдотуберкулезу и кишечному иерсиниозу в России и прогноз

заболеваемости на среднесрочную перспективу отражён в публикации математического моделирования эпидпроцесса [110].

Освещает проблему экологического мониторинга и моделирования экосистем, осуществление оценки современного состояния и особенностей формирования биоты морского льда по материалам динамического наблюдения в Арктике статья И.А. Мельникова [77].

Примером динамического слежения являются более чем 20-летние американские сравнительные комплексные наблюдения за двумя абсолютно различными районам («полярными крайностями») по природно-климатическим условиям: озёра Сухих долин Мак-Мёрдо и морской экосистемы Западной Антарктиды в районе Палмер Антарктического полуострова [128]. Несмотря на многие общие атрибуты по климатическим и трофическим крайним проявлениям (экстремумам), эти области существенно отличаются и по-разному реагируют на сезонную и годовую изменчивость климата. Данные фундаментальные отличия являются основанием для выделения уникальных экологических процессов в каждой природной среде обитания, что позволяет проводить наблюдения за влиянием долгосрочных изменений климата на полярные микробные экологические системы [558].

Благодаря многолетнему микробиологическому мониторингу были обнаружены фундаментальные различия в функционировании микробных экосистем между районами Мак-Мёрдо и Палмер [128]. Это доказывает важность изучения пищевых цепей как с точки зрения геофизических процессов, так и перемещения по ним микробов, что имеет санитарно-гигиеническое и эпидемиологическое значение.

Таким образом, климатические явления последних десятилетий повлияли на фундаментальные биологические параметры, в том числе на связь автотрофных и гетеротрофных процессов в микробных экологических системах, что точно и объективно было зафиксировано благодаря комплексному (физическому и микробиологическому) мониторингу [148].

Назрела необходимость предложить объективные критерии оценки предвестников глобального потепления. По нашему мнению, одним из таких предикторов может быть микробиологический мониторинг полярной микробиоты, проводимой совместно с изучением природно-техногенной и природно-очаговой заболеваемости в высоких широтах [84]. Принятие во внимание таких объективных факторов негативного последствия изменения климата для здоровья человечества может помочь государственным лидерам

предпринять безотлагательные действия в этом направлении. В 2008 г.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) сформулирована данную проблему: «Изменения климата угрожают здоровью людей самым коренным образом». По причине глобального потепления происходит примерно 150 тыс. преждевременных смертей, составляющих 0,3% от их общего количества [24].

Поэтому микробиологический мониторинг является важным инструментальным и объективным способом участия в осуществлении комплексной оценки состояния факторов среды обитания, здоровья населения Российской Арктики, сотрудников ВАЭ и РАЭ. Его данные должны входить в геоинформационный портал «Санитарно-эпидемиологическое благополучие населения в Арктической зоне РФ» и учитываться при медицинском обеспечении ВАЭ и РАЭ для принятия решений по совершенствованию управления санитарно-эпидемиологическим благополучием в полярных зонах геополитических интересов России [31, 32, 33]. Осуществлять эти цели призваны электронные информационно-аналитические ресурсы на основе геоинформационных технологий (ГИС-технологий и программно-аппаратного обеспечения полярной телемедицинской сети – ТСМ), преимуществом которых является удобство сбора, анализа и визуального представления информации, напрямую связанной с территорией. Это актуально при работе со значительными объёмами информации, привязанной к большим зонам ответственности, которыми являются полярные регионы и должны затрагивать вопросы санитарно-эпидемиологического благополучия

населения с функцией пространственного анализа, напрямую связанной с территорией («привязанная к карте») [31, 33].

Геопортал создаётся как многоуровневая система сбора, хранения и анализа данных, реализуемых на картографической основе и включает в себя: собственно, картографическую часть («атлас» в традиционном понимании; различные пространственные объекты, связанные с картой; набор аналитических и расчётных методов; управленческие и экспертные решения на основе анализа данных. Геоинформационные технологии позволят выявить причинно-следственные связи и корреляции между различными факторами (группами факторов) и состоянием здоровья населения. Создаваемый Геопортал АЗРФ должен стать информационно-аналитической системой с обширной базой данных факторов среды обитания и состояния здоровья полярного населения и эффективным инструментом оценки санитарно-эпидемиологического благополучия местного и пришлого населения в целом и на отдельно взятых территориях с широким перечнем функций пространственного анализа, что в совокупности будет служить обоснованием принятия управленческих решений [31].

Итак, в полярных регионах местная биота менее подвержена воздействию антропогенных и иных факторов. Поэтому она считается особенно уязвимой и изменчивой вследствие антропогенного влияния и глобального климатического потепления. Такое предположение было высказано 20 лет тому назад [166], что подтверждается вышеперечисленными материалами и собственными исследованиями.

Глава II. Материалы и методы исследования

2.1. Материалы исследования

Работа выполнена на базе «Санкт-Петербургского научно-исследовательского института эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» с 2010 по 2020 гг. Материал для исследований был получен в ходе экспедиций на территориях полярных регионов в период 2010-2018 гг.

Антарктические образцы для микробиологических исследований отбирали в ходе полевых работ на российских круглогодичных станциях Мирный, Прогресс, Новолазаревская, Беллинсгаузен и сезонных полевых базах Молодежная, Дружная-4 и Оазис Бангера, а также в ходе пеших маршрутов в окружающих полярные поселения ландшафтных районах. Все данные были геокодированы (рис. 1). В результате исследования образцов были выделены и изучены 438 штаммов бактерий.

дата отбо	тип образца	наименование об	географическая характери	мпа	сбтс	среда обогащения	холодовое обогащение	сывороточный агар	консервация в полужидком агаре	заморожено
05.01.2018	орнитогенный би	Смыв	15.11 05.01.2018	Остров Фулмар. Залив Трешникова. Гнездовые пингвинов Адели. 566032'25", E93000'	232(1)	очень крупные с фестончатым краем выпуклые колонии				
05.01.2018	орнитогенный би	Смыв	15.11 05.01.2018	Остров Фулмар. Залив Трешникова. Гнездовые пингвинов Адели. 566032'25", E93000'	233(1)	крупные кремевые плоские колонии, 233(2) среднего размера выпуклые бе				
05.01.2018	орнитогенный би	Смыв	15.12 05.01.2018	Остров Фулмар. Залив Трешникова. Гнездовые пингвинов Адели. 566032'25", E93000'	234(1)	среднего размера кремевые выпуклые колонии				
05.01.2018	орнитогенный би	Смыв	15.28 05.01.2018	Остров Фулмар. Залив Трешникова. Гнездовые пингвинов Адели. 566032'26", E93000'	235(1)	очень крупные с зеленоватым оттенком выпуклые колонии				
05.01.2018	орнитогенный би	Смыв	15.28 05.01.2018	Остров Фулмар. Залив Трешникова. Гнездовые пингвинов Адели. 566032'26", E93000'	236(1)	очень крупные выпуклые с зеленоватым оттенком колонии, 236(2) среднет				
05.01.2018	орнитогенный би	Смыв	15.29 05.01.2018	Остров Фулмар. Залив Трешникова. Гнездовые пингвинов Адели. 566032'26", E93000'	237(1)	среднего размера выпуклые белые колонии, 237(2) мелкие выпуклые бесце				
05.01.2018	орнитогенный би	Смыв	15.29 05.01.2018	Остров Фулмар. Залив Трешникова. Гнездовые пингвин(238)(2) среднего размера выг	238(1)	крупные с фестончатым краем плоские кремевые колонии, 238(3) среднего				
05.01.2018	орнитогенный би	Смыв	15.29 05.01.2018	Остров Фулмар. Залив Трешникова. Гнездовые пингвинов Адели. 566032'26", E93000'	239(1)	крупные с фестончатым краем выпуклые колонии				
05.01.2018	орнитогенный би	Яйцо пингвина Адели	15.39 05.01.2018	Остров Фулмар. Залив Трешникова. Гнездовые пингвинов Адели. 566032'28", E93000'	240(1)	крупные с фестончатым краем кремевые выпуклые колонии				
05.01.2018	орнитогенный би	Смыв	15.40 05.01.2018	Остров Фулмар. Залив Трешникова. Гнездовые пингвинов Адели. 566032'28", E93000'06". 15,6 метров над уровнем моря						
06.01.2018	антропогенный и	Вода	11.45 06.01.2018	Остров Буромского. Залив Трешникова. Кладбище полярников и гнездовые пингвинов Адели. Озеро ниже могил. 566031'59", E93000'06". 6 метров над уровнем моря						
06.01.2018	антропогенный и	Вода	11.45 06.01.2018	Остров Буромского. Залив Трешникова. Кладбище полярников и гнездовые пингвинов Адели. Озеро ниже могил. 566031'59", E93000'06". 6 метров над уровнем моря						
06.01.2018	антропогенный и	Микробные маты	11.52 06.01.2018	Остров Буромского. Залив Трешникова. Кладбище полярников и гнездовые пингвин(244)(1) среднего размера кремевые колонии, 244(2) среднего размера с п						
06.01.2018	антропогенный и	Смыв гуано	11.54 06.01.2018	Остров Буромского. Залив Трешникова. Кладбище полярников и гнездовые пингвинов Адели. 566031'59", E93000'06". 6 метров над уровнем моря						
06.01.2018	антропогенный и	Талая вода	11.55 06.01.2018	Остров Буромского. Залив Трешникова. Кладбище полярников и гнездовые пингвинов Адели. Луна талой воды на скале у саркофагов. 566031'59", E93000'06". 6 метро						
06.01.2018	антропогенный и	Микробные маты из	12.07 06.01.2018	Остров Буромского. Залив Трешникова. Кладбище поля(247)(3) крупные плоские шер(247)(1) среднего размера кремевые плоские колонии, 247(2) среднего размера с ф						
06.01.2018	антропогенный и	Вода из лужи на скал	12.10 06.01.2018	Остров Буромского. Залив Трешникова. Кладбище полярников и гнездовые пингвинов Адели. 566031'59", E93000'06". 6 метров над уровнем моря						
06.01.2018	антропогенный и	Смыв из гнезда	12.36 06.01.2018	Остров Буромского. Залив Трешникова. Кладбище полярников и гнездовые пингвинов Адели. 566031'59", E93000'06". 6 метров над уровнем моря						
06.01.2018	антропогенный и	Смыв из гнезда	12.36 06.01.2018	Остров Буромского. Залив Трешникова. Кладбище полярников и гнездовые пингвинов Адели. 566031'59", E93000'06". 6 метров над уровнем моря						
06.01.2018	антропогенный и	Смыв из гнезда	12.37 06.01.2018	Остров Буромского. Залив Трешникова. Кладбище полярников и гнездовые пингвинов Адели. 566031'59", E93000'06". 6 метров над уровнем моря						
06.01.2018	антропогенный и	Смыв из гнезда	12.37 06.01.2018	Остров Буромского. Залив Трешникова. Кладбище полярников и гнездовые пингвинов Адели. 566031'59", E93000'06". 6 метров над уровнем моря						

Рисунок 1 – Фрагмент электронного журнала с геокодированными данными

Арктические образцы отбирали на архипелагах Шпицберген и Северная Земля. При этом выделены и изучены 327 бактериальных штаммов. Всего изучено 765 штаммов микроорганизмов из Арктики и Антарктики.

Проведены ретроспективные исследования в Ленинградском гарнизоне на персидиоз. Изучено 1 508 штаммов бактерий рода *Yersinia* spp.

2.2. Методы исследования

В ходе выполнения работы использованы различные методы исследования.

Таблица 1.

Методы и объем проведенных исследований.

Методы исследования	Объем исследований
1. Бактериологические методы	765 штаммов
2. Общебиологические методы исследования цианобактериальных матов	148 матов
3. Молекулярные методы: выявление детерминант вирулентности у штаммов <i>Yersinia</i> spp: <i>ail</i> , <i>yst A</i> , <i>yst B</i>	136 штаммов
4. Фенотипические методы исследования вирулентности штаммов <i>Yersinia</i> spp	136 штаммов
5. Моделирование биопленкообразования <i>in vitro</i>	6 исследований
6. Методы математической обработки данных	3 951 исследований

Бактериологические методы включали в себя: отбор и посев проб, выделение «чистой» культуры, изучение морфологии колоний, микроскопию выросших микроорганизмов, биохимическую идентификацию с использованием тест-систем биохимического типирования: тест-системы MIKROLATEST® для идентификации бактерий (ERBA LACHEMA), наборы для биохимической идентификации Microbact (BioVitrum), Стрипы API® (BioMerieux).

Все полученные изоляты дополнительно были идентифицированы при помощи метода масс-спектрометрии. Спектры собирались в автоматическом режиме на масс-спектрометре Microflex™ LT MALDI-TOF (Bruker Daltonics, Германия) с использованием программы Flex Control при функционировании прибора в линейном позитивном режиме с необходимыми параметрами, описанными в инструкции к прибору. Анализ спектров и идентификацию микроорганизмов выполняли с использованием программного обеспечения MALDI Biotyper 3.0 (Bruker Daltonics). Заключение о таксономической принадлежности микроорганизма осуществлялось на основании значения индекса совпадения (параметр score value, SV). Значение SV > 2,3 соответствовало достоверной идентификации до вида; SV < 2,299, но > 2,000 – достоверной идентификации

до рода, вероятной идентификации до вида; значение SV в диапазоне 1,7 – 1,999 рассматривалось как вероятная идентификация до рода, и менее 1,7 – как недостоверный результат.

Штаммы бактерий, имеющих медицинское значение (65 шт.), были изучены на предмет чувствительности к антибиотикам с помощью фенотипических методов согласно МУК 4.12.1890-04, Клиническим рекомендациям «Определение чувствительности микроорганизмов к antimикробным препаратам» (2018), рекомендациям EUCAST (версия 10.0).

Секвенирование геномов штаммов *Serratia liquefaciens* проведено на приборе IonTorrent PGM по стандартному протоколу, предлагаемому производителем (Life Technologies) до достижения 120-кратного покрытия генома.

Биопленкообразующую активность штаммов серраций оценивали при температуре 6°C, 22°C, 37°C. Для этого на 3 предметных стекла наносили по 2 капли объемом 100 мкл, содержащих $1 \cdot 10^5$ КОЕ/мл штаммов исследуемых бактерий в бульоне Мюллера-Хинтона. Стекла размещали в чашках Петри, создав условия «влажной камеры» на 48 часов. Далее фиксировали образовавшиеся биопленки 4%-ным раствором параформальдегида в течение 20 минут при 4°C; удаляли фиксирующий раствор и наносили по капле красителя Дапи (1:1000); оставляли на 30 минут; смывали физиологическим раствором и проводили микроскопию с помощью люминесцентного микроскопа Axio Scope A1 (производства «Zeiss») при увеличении в 400 раз. Регистрацию изображений осуществляли с помощью профессиональной стационарной цифровой фотокамеры AxioCam HRc Rev3.

Результаты исследований обрабатывали с использованием коммерческих пакетов стандартизированных программ «Statistica» для Windows 7.0. Математическая обработка выполнена на персональном компьютере с использованием стандартного статистического пакета «STATISTICA». Для первичной подготовки таблиц и промежуточных расчетов был использован пакет Excel.

Собственные исследования

Глава III. Климатические особенности полярных регионов, определяющие специфику микробиоты объектов окружающей среды и возможность развития природно-техногенных и природно-очаговых инфекций

Влияние прогнозируемого изменения климата на сообщества полярных микроорганизмов может быть оценено в контексте взаимосвязанных природных (в первую очередь орнитогенных), социально-техногенных (экономических), культурно-экологических факторов, опосредованно действующих на микробные популяции.

В результате ряда экспедиций были отобраны пробы в Арктике и Антарктике, проведены исследования на поиск бактерий и микромицетов, проанализированы данные с учетом условий окружающей среды как фактора, влияющего на них. Из всего многообразия микроорганизмов наше внимание привлекли возбудители инфекций и микозов способных жить и размножаться в олиготрофных условиях при низкой температуре: от 0 до + 10 градусов. К таким микроорганизмам относятся иерсинии и другие возбудители сапрозоонозов. Несмотря на схожесть экстремальных полярных условий, неблагоприятно действующих на местную и привнесенную микробиоту, участие в полярных экспедициях нас убеждает в наличии существенных климатогеографических различий, которые оказывают влияние на ее формирование и выживаемость в высоких широтах, что обусловлено различными факторами.

3.1. Сходство и различия естественных условий Арктики и Антарктики, формирующие микробиоту окружающей среды

Их общей особенностью является аномальность в географическом, природном и климатическом смыслах: это зоны холодных пустынь с

экстремальными климатогеографическими условиями, влияющими на формирование автохтонной и выживание привнесенной микробиоты.

Следующим сходством можно назвать факт быстрого потепления на Северном и Южном полюсах. В последние десятилетия они нагреваются в 2-3 раза быстрее остальной части планеты. Это приводит к трансформациям в более теплую, менее замерзшую и биологически измененную Арктику и Антарктику. Отслеживаются аномально резкие температурные перепады: очень теплая погода: на +12-13 градусов и суровые морозы: на –15-18 градусов в отличие от усреднённых показателей. При этом граница между аномально теплой и холодной погодой может проходить в различных географических областях. Поэтому так важны показатели, непредвзято отражающие тенденции в изменении климата. Нами предложено результаты микробиологического мониторинга полярных областей считать предиктором изменения климата, что нашло отражение в ряде публикаций. Данный прогностический параметр, по нашему мнению, является объективным средством прогнозирования [84].

Существенным фактором для обмена микробиотой между двумя полюсами является жизнедеятельность дальнеперелётных птиц. Так, кочурка Вильсона (*Oceanites oceanicus*) размножается только в Антарктике, а распространена повсеместно, в том числе широко представлена в Арктике. Жизненный уклад буревестников состоит в постоянной миграции между Северным и Южным полюсами.

При этом необходимо учитывать совокупность естественных условий регионов Арктики и Антарктики, влияющих на разнообразие микробиоты, в том числе имеющее эпидемиологическое значение. В таблице 2 представлены особенности полярных регионов, которые могут влиять на результаты формирования микроорганизмов этих территорий, а также особенности и возможности проведения микробиологического мониторинга в высоких широтах.

Природноклиматические и социальные различия условий,
формирующих микробиоту окружающей среды высоких широт Земли

№ п/п	Особенности	Арктика и районы к ней приравненные	Антарктика (прибрежная Антарктида)
1	Климато-географическое своеобразие	Северный полюс находится в океане. Водная среда формирует температурное разнообразие, зависящее и от теплого течения Гольфстрим и массива пресной и теплой воды полноводных рек Евразии и Северной Америки, повышающие влажность региона	Южный полюс состоит из высотного массива суши, покрытого куполом льда со стабильно холодным климатом, усугубляемым постоянными стоковыми ветрами с внутриконтинентального ледового уклона, благодаря которому формируются айсберги, низкая влажность
1.1	Температура	Летом: от +1 до +2 градусов Зимой: от – 8 до – 35 градусов. Низкая температура в сочетании с высокой влажностью формируют туманы	Летом: от +2-4 до –3-5 градусов. Зимой: от – 27°С до – 40 градусов в прибрежной зоне, где расположено большинство поселений
1.2	Относительная влажность воздуха	Довольно высокая и ощущается как «промозглость» воздуха (89-92%); климат субарктический, осадков до 400 мм/год	На островах – высокая: от 60% до 80%; на побережье влажность – до 20%; есть участки без осадков – «Сухие долины» с марсианским климатом
1.3	Скорость и «роза»	Не выше 10-20 км/час в различных направлениях,	Выше 20 км/ч с постоянной направленностью: с купола

	ветров	что повышает влажность среды – важного показателя выживаемости бактерий	материка к побережью, что снижает влажность воздуха даже в прибрежной зоне
1.4	Солнечная радиация	Радиационный баланс в южных районах: 420-630 МДж/м ² ; в Арктическом бассейне отрицательный. Солнечная радиация менее выражена по сравнению с Антарктикой, что благоприятно влияет на микробиоту	Радиационный баланс: до 3700–4000 МДж/м ² ; туманы практически не встречаются, весьма чистый воздух ультрафиолет не поглощает, что очень отрицательно влияет на жизнеспособность микробиоты, особенно на её бактериальный состав
1.5	Атмосферное давление	Повышенное давление по сравнению с внутриконтинентальной Евразией	Высокое давление, особенно в центрах нисходящих потоках воздуха с купола материка
1.6	Военно-стратегическое положение	Длительное время проводились испытания ядерного оружия; имеются многочисленные военно-морские базы, войсковые части, военные аэродромы и части ПВО стран арктического бассейна	По международному соглашению этот материк является демилитаризованной зоной, где запрещены испытания оружия, ядерные взрывы и размещение радиоактивных, химических и иных отходов
2	Социально-экономи-	Наличие коренного населения с выраженными биологическими, анатомически-	Отсутствие коренного населения. Переменный состав сотрудников научных

	ческие и культурные особенности	ми, пищевыми и физиологическими особенностями (преобладание жирной мясной и рыбной пищи, отсутствие отдельных пищеварительных ферментов, низкая устойчивость к алкоголю и возбудителям инфекционных болезней). У пришлого населения имеется различный по времени период адаптации к экстремальным условиям Севера, что сопровождается снижением защитных функций иммунитета	объектов из стран с высокой инфекционной заболеваемостью: Китай, Индия и государства Латинской Америки; развивается полярный туризм, что может привести к заносу облигатно-патогенных и условно-патогенных микроорганизмов с возможным появлением и закреплением на прибрежных территориях возбудителей природно-техногенных и природно-очаговых инфекционных заболеваний
3	Биологические различия	Имеются полярные растения, как основа жизни наземных животных	Отсутствует растительная кормовая база сухопутных обитателей
3.1	Наличие флоры	Растительный покров разнообразный, но весьма скудный. Он представлен злаками, грибами, осокой, полярными маками, кустарничками – ивняками, карликовыми березками, лишайниками, печеночниками, мхами (известный олений мох – ягель).	Представлен двумя видами цветковых растений: колобантус кито (<i>Colobanthus quitensis</i>) и луговик (щучка) антарктический (кая) (<i>Deschampsia antarctica</i>), мхи, лишайники, микроскопические грибы, водоросли. Бедность флоры связана с

		<p>Растительным мир тундры значительно богаче, чем в Антарктике и он приспособился к экстремальным условиям: малые размеры, компактное строение, особенности обмена веществ, быстрое созревание и размножение</p>	<p>более суровой погодой — зона холодных пустынь; без биоконкуренции доминируют ЦБМ и микромицеты, участвующие в формировании первичной почвы. В пустынной местности островов Южного океана преобладают ЦБМ</p>
3.2	Присутствие фауны	<p>Имеются крупные млекопитающие: олени, белые медведи, снежные бараны, овцебыки, волки, морские обитатели, многочисленные птицы и мелкие млекопитающие.</p>	<p>Отсутствуют сухопутные животные; есть морские обитатели: тюлени, киты, котики, птицы и их разновидности – пингвины, морские звёзды, актинии, голотурии;</p>
3.3	Процессы физико-биологического самоочищения	<p>В «вечной» мерзлоте приостанавливаются процессы разложения, происходит обезвоживание мягких тканей, что подтверждается находками мамонтов, шерстистых носорогов, бизонов, пещерных львов. Якуты называли мамонта «водяным быком», ибо их костные остатки находили на берегах рек и озёр, в болотах. Влажность</p>	<p>Самоочищение имеет свои особенности: все экскременты, трупы птиц и морских животных поедаются копро- и некрофагами, сползают со льдом и сдуваются стоковыми ветрами в Южный океан. Палеонтологические находки имеют окоменелый характер. Древнюю микробиоту возможно найти в многочисленных подледниковых озёрах, что было показано</p>

		способствует сохранению микробиоты, что обуславливает развитие палеонтологии микроорганизмов	на примере озера Восток, где были найдены реликтовые и неизвестные бактерии
4	Условия для возможности проведения микробиологического мониторинга	Наличие территориальных, ведомственных санитарно-профилактических учреждений; проводится прогнозирование рисков возникновения природно-очаговых инфекций, изучение возбудителей инфекций организованных коллективов; данные мероприятия проводятся не на всех территориях и нерегулярно из-за погодных условий и больших расстояний в малонаселённой местности	Отсутствие данных учреждений и экспертов, работающих на постоянной основе. Производится микробиологический мониторинг с учетом логистики НИИ Арктики и Антарктики районов расположения полярных объектов; исследование микробиоты фрагментарное и нерегулярное. Оно не планируется и, как правило, – инициативное, в зависимости от оснащения и квалификации специалиста
5	Аспекты изучения эпизоотологии и эпидемиологии сапрозоонозов	Регулярно проводятся бактериологические, эпизоотологические и эпидемиологические исследования. Большая часть территорий входит в зону ответственности санитарно-	Описания вспышек инфекционных заболеваний людей и животных носят редкий и случайный характер. Вся территория не входит в зону ответственности санитарно-профилактических

	полярных регионов	профилактических учреждений	учреждений стран-участников Договора
5.1	Источники и резервуары возбудителей сапрозоонозов	Широко представлены птицы и млекопитающие, в первую очередь дикие, полусинантропные и синантропные грызуны, гидробионты; вода и почва в которых из-за слабо выраженного процесса самоочищения возбудители длительно сохраняются в природе; примером реализации глобального потепления – вспышка сибирской язвы в 2016 г. на полуострове Ямал в РФ	Полуводные млекопитающие (ластоногие и семейство дельфиновых – косатки), многочисленные птицы и их разновидности – пингвины, рыбы; вода, грунт и почва; привезенные грызуны имеются на островах и пока не укоренились на материке. Увеличение количества станций и полевых баз из стран с высокой инфекционной и паразитарной заболеваемостью, а также многочисленные туристы
5.2	Факторы передачи сапрозоонозных возбудителей	Различные продукты питания и вода; завозные овощи, хранимые продолжительное время; вода в большинстве случаев используется из поверхностных водоёмов без обработки, что приводит к высокому уровню заболеваемости кишечными инфекциями	Предположительно – те же и только все завозное; вода используется из открытых типов водоисточников (ледотаелки, озера); основные овощи, корнеплоды, фрукты и другие продукты питания полярников завозятся один раз на весь период зимовки и сезонных работ

5.3	Восприимчивые к сапрозоонозам лица и организованные коллективы	Среди местного и пришлого населения постоянно фиксируются вспышки и спорадическая заболеваемость сапрозооозами; вспышки делятся на пищевые (овощные, молочные и смешанные), водные, контактные и смешанного типов	Отсутствует регистрация достоверной заболеваемости сапрозооозами на объектах Южного полюса. Однако постоянно фиксируются многочисленные случаи болезней, под иными диагнозами которых они могли проходить
-----	--	---	---

Таким образом, животный мир Арктики многообразен и является резервуаром возбудителей основных природно-очаговых инфекций, в том числе и сапрозооозов. В Антарктиде он менее разнообразен и значительно больше зависит от антропогенной нагрузки. По нашему мнению, на VI континенте сначала формируются природно-техногенные очаги возбудителей сапрозооозов, которые при их включении в естественную циркуляцию и в трофические цепи могут перейти в природно-очаговый статус. Пока факторами риска является ловля рыбы, используемой в питании полярников, и птицы, тяготеющие к человеческому жилью (поморники и доминиканские чайки). Важным лимитирующим фактором в жизнестойкости микробиоты является влажность воздуха. Данный показатель в Антарктиде менее выражен, что должно значительно замедлять рост и размножение микроорганизмов. Однако многочисленные находки бактерий и микромицетов опровергают данное теоретическое утверждение. Отмечается увеличение антропогенной нагрузки на полярные территории и наряду с глобальным потеплением климата можно прогнозировать эпидемиологические риски в появлении и распространении сапрозооозов в полярных регионах планеты.

Вывод: в настоящее время климатогеографические показатели, социально-экономические и культурные особенности, биологические

различия, присутствие возможностей проведения микробиологического мониторинга и полученные данные по эпизоотологии и эпидемиологии сапрозоонозов указывают на различные условия формирования полярной микробиоты в Арктике и Антарктике, а также неодинаковые обстоятельства для регулярного и полноценного изучения, особенно Южного полюса. Так на Южном полюсе можно предположить наличие природно-техногенных очагов инфекционных заболеваний с реальной возможностью их укоренения и переходом в возбудителей природо-очаговых инфекций. Возможно они будут приобретать статус «природно-техногенноочаговых» возбудителей в связи с длительным расположением полярных поселений и стабильным характером гнездований птиц, которые осуществляют перемещение микробиоты между этими объектами и территориями на которых они расположены.

3.2. Особенности микробных сообществ Антарктиды, имеющих эпидемиологическое значение

Биологические образцы для микробиологических исследований отбирали в ходе полевых работ на российских круглогодичных станциях Мирный, Прогресс, Новолазаревская, Беллинсгаузен и сезонных полевых базах Молодежная, Дружная-4 и Оазис Бангера, а также в ходе пеших маршрутов в окружающих их ландшафтных районах.

Чтобы понять и оценить факторы, влияющие на микробные сообщества Антарктиды, целесообразно охарактеризовать состояние полярных экосистем и ландшафтов, антропогенного воздействия, совместно влияющих на микробиоту соотнесёнными с особенностями объектов РАЭ:

1). *Сезонная полевая база Молодежная* расположена в природно-ландшафтном комплексе на прибрежных холмах оазиса Тала Земли Эндерби. Полевая база действует на основе самой большой круглогодичной станции Молодежная, которая считалась столицей САЭ-РАЭ. Она состоит из большого количества служебно-жилых зданий, конструкций, дизель-электростанций (ДЭС), мастерской, радиостанции, бани, медицинского блока, полигонов

хранения отходов и транспортной техники. По своей инфраструктуре занимает большую площадь, причем часть помещений находятся на удалении от центральной части. На территории базы имеется более 40 служебных и жилых зданий, не считая мелких построек. Под некоторыми строениями вследствие образующихся снежных котлованов в летнем сезоне собирается вода. Окрестности базы характеризуются значительным антропогенным влиянием на экологию – стихийные места сброса запасных частей, материалов, неисправной техники и горюче-смазочных материалов. Всё это представляет особый ретроспективный интерес в изучении сохранения и укоренения антропогенной микробиоты наряду с процессами самоочищения.

2). *Круглогодичная станция Прогресс* расположена на благоприятном для проживания прибрежном оазисе Холмы Ларсеманна, включая 2 крупных полуострова – Broknes и Stornes. Особенностью климата региона являются постоянные сильные низовые ветра и штормовые ураганы их скорость до 50 м/сек. Оазис имеет множество пресноводных озер различных размеров, глубины, биоразнообразия и хозяйственного предназначения. Станция является столицей, самой многочисленным объектом РАЭ и представлена новым зимовочным комплексом, состоящим из служебно-жилых зданий, электростанции, вертолетной площадки, ДЭС, мастерской и гаража. На берегу залива имеется склад открытого хранения утилизированных отходов. Рядом со станцией Прогресс располагается крупнейшая китайская станция Зонг Шан (Сунь Ятсен), индийская Бхарати и австралийская полевая база Лоу. Сотрудники поселений постоянно активно взаимодействуют.

Таким образом, круглогодичная станция Прогресс представляет интерес в отношении привнесенной антропогенной и местной микробиоты первичной почвы, многочисленных озер и протекающих в них процессов самоочищения, накапливания в ЦБМ и в других объектах окружающей среды возбудителей сапрозоонозов, наличия угрозы заноса возбудителей инфекций из Китая, Индии и Австралии. Водоснабжение станций осуществляется из открытых озёр летом и из ледотаялки – зимой. Такой вывод возможно относится и к

станциям Новолазаревская и Беллинсгаузен, сотрудники которых имеют тесный контакт с представителями станций Индии и Латинской Америки. Медико-географическое их описание дано в Санитарных паспортах объектов.

3). *Круглогодично действующая первая антарктическая станция Мирный* представляет собой комплекс служебно-жилых помещений и сооружений, расположенных на полуострове, выдающемся в залив Трешникова с северной оконечностью – мысом Мабус. Постройки располагаются на большом расстоянии друг от друга на сопках Моренная, Радио и Комсомольская. Имеющиеся постройки в основном возведены в 70-х годах XX века и включают дом геофизиков, фоновый и дом «К», ДЭС с банно-прачечным комплексом, гараж, ледотаялка, балки мастерской и подготовки зондов, продовольственный и вещевой склады, инсенератор. На сопке Моренной размещены емкости для хранения топлива. Ледотаялка размещена в фургоне между сопками Радио и Комсомольская, откуда добывается питьевая вода из скважины во льду материкового барьера круглый год. Территория, окружающая станцию захламлена неисправной техникой, расходными материалами, запасными частями и разливами горюче-смазочных материалов. Опасность для людей, приведших к жертвам, представляют лед материкового барьера, ледниковые трещины и сильные стоковые ветра.

Архипелаг Хасуэлл находится в 3 км от станции и является уникальным заповедником гнездования всех видов птиц, обитающих в Восточной Антарктиде, с взаимной миграцией между островами и полярным поселением.

Таким образом, станция Мирный представляет ретроспективный интерес сохранения антропогенной микробиоты с момента открытия в 1956 г, процессов самоочищения, орнитогенного заповедника с разнонаправленной миграцией его микробиоты с островов архипелага Хасуэлл и территории станции. Поморники постоянно питаются пищевыми отходами с камбуза станции, заносая антропогенную микробиоту в места своего гнездования на острова архипелага Хасуэлл, где, поедая пингвинов и других мелких птиц, их микроорганизмы доставляются с помётом на территорию объекта РАЭ.

4). *Геолого-геофизическая сезонная полевая база Оазис Бангера* находится в оазисе холмы Бангера (Бангер-Хиллз) и со всех сторон окружен ледяным кольцом. Ледниковая деятельность оказала колоссальное влияние на формирование местности, создав ряд характерных для его поверхности аккумулятивных и экзарационных форм рельефа (ледниковое выпахивание) в виде троговых долин, мареновых гряд и холмов. Продольный профиль троговых ледниковых долин оазиса Бангера изобилует порогами (ригелями) и западинами, занятыми озерами. Велика роль снежников как источников влаги, что способствует произрастанию мха и лишайников. Растительно-животный мир чрезвычайно беден и подвергается минимальной антропогенной нагрузке.

Следовательно, в научно-исследовательском плане данный полигон часто используется почвоведом, изучающими происхождение первичной почвы, и является примером естественных, самых чистых природных экосистем для изучения аутохтонной микробиоты.

5). *Геолого-геофизическая полевая база Дружная-4* расположена на берегу бухты Саннефьорд в заливе Прюдс у подножья горы Лендинг. Экологические работы на базе проводятся более 10 лет в рамках сезонной деятельности РАЭ из-за выраженной антропогенной нагрузки на экологическую обстановку территории полевой базы. Климатические условия в районе базы благоприятны для проведения сезонных работ.

Таким образом, территорию полевой базы Дружная – 4 можно считать «условно чистой», занимающей промежуточное положение с малочисленной и редко посещаемой базой Оазис Бангера и круглогодичными станциями.

3.2.1. Естественная регуляция распространения бактерий и микромицетов по трофическим цепям

Возможные звенья основных трофических цепочек и дополнительные пути продвижения по ним микроорганизмов в Антарктиде схематически представлены на рисунке 2. Группа организмов, производящих на свету из неорганических веществ органические (автотрофы – зеленые растения),

отсутствуют. Поэтому «организмы-производители» на рисунке не показаны. Потенциальные хозяева и пути циркуляции сапрофитных, условно-патогенных и облигатно-патогенных бактерий в водных, грунтово-почвенных экосистемах, в простейших и птицах представлены в таблице (Приложение 1). Бактерии и микровицеты, в том числе потенциально опасные для человека и животных, являются полноправными сочленами водных сообществ, находясь в основании трофической пирамиды, взаимодействуя с гидробионтами, цианобактериями и их матами.



Рисунок 2 – Микробиологическое и эпидемиологическое значение трофических цепей на территории прибрежной Антарктиды

Наряду с рутинным отбором проб на исследования (первичная почва, грунт, вода, останки птиц, ЦБМ и др.) были изучены свободноживущие простейшие, которые являются обязательным компонентом почвенных и водных экосистем. В ходе совместной работы с биологами исследовали наиболее широко представленных разнообразных и весьма многочисленных нематод, коловраток и тихоходок, которые наряду с поеданием бактериально-микотических представителей могут питаться друг другом. При этом происходит циркуляция микроорганизмов между ними. Изучены ультраструктурные закономерности их взаимодействия – события, происходящие внутри клетки простейшего и результат фагоцитирования бактерий. Приведенные результаты и оценки получены бактериологическим методом, отражающим динамику вегетативных клеток бактерий, а также и молекулярно-генетическим методом (ПЦР), позволяющим определять маркеры погибших и некультивируемых форм микроорганизмов.

В обзоре литературы обсуждалось понятие «трофические цепи», отражающие движение органических веществ и заключенной в них биохимической энергии в процессе их питания. Мы рассматриваем пищевые связи, участвующие в распространении сапрозоонозных инфекций. Поэтому данный процесс целесообразно назвать эпизоотологическими трофическими связями в распространении условно- и облигатно-патогенных возбудителей сапрозоонозов, имеющих генетическую устойчивость к пищевому фагоцитозу этих микроорганизмов в свободноживущих простейших при их сохранении, размножении и распространении в экосистеме.

Распределение по виду и месту выделения микробиоты позволяют предположить её движение по звеньям пищевых цепочек. Часть из них при перемещении по ним повышает свои патогенные свойства от сапрофитического состояния, через условно-патогенный уровень и достигает облигатно-патогенного потенциала. При этом могут формироваться предпосылки укоренения и распространения возбудителей сапрозоонозных природно-очаговых инфекций. И чем больше в данный процесс вовлекаются

участников, тем более устойчивым становится данный естественный очаг. При этом надо учитывать и роль восприимчивости участников таких «эпизоотологических трофических связей». Так, в Приложении 1 видно, что *Kingella denitrificans* была изолирована из рыб, пойманных в районе геологической полевой базы Дружная-4 в относительно чистом месте на прибрежной территории. В 4 пробах «ледянок» обнаружены эти условно-патогенные бактерии. При этом в жабрах одной особи находились живые круглые черви. Замечено наибольшее присутствие микробиоты у пораженных глистами рыб. Видимо у них возрастает восприимчивость к микроорганизмам, позволяющая развиваться большему количеству бактерий по сравнению со свободными от червей особей. Снижать иммунную защиту может и повышение температуры океана, где обитает «ледянка» из семейства автохтонных антарктических лучеперых рыб подотряда нототениевидных (*Notothenioidei*) отряда окунеобразных (*Perciformes*).

Следующей особенностью был результат исследования содержимого из глаз рыб, выловленных в районе базы Дружная-4 и с пирса китайской станции Зонг Шан. Предполагается, что обнаружение бактерии в стерильных областях тела (в глазах) указывают на внедрение патогена в организм исследуемого объекта с предпосылкой развития болезни.

Изолировано 2 штамма *Kingella denitrificans* из проб грунта колонии пингвинов Адели на острове Хасуэлл и из грунта около входа в кают-компанию станции Мирный, что подтверждают факт поедания рыбы пингвинами, которыми питаются хищные поморники, постоянно обитающие рядом с людьми. Из печени рыбы, выловленной в районе полевой базы Дружная-4, получено 2 культуры *Brevundimonas vesicularis*. В жабрах рыбы имелось большое количество нематод.

Обнаружены 4 штамма *Achromobacter xylosous*: из 3 проб рыб, найденных в ЦБМ дна озера Степед. При этом они получены из содержимого желудка рыбы ледянки, заполненного пищевыми отходами, и рыбы, выловленной с

пирса станции Зонг Шан из жабр «бычка» без нематод. Это может указывать на антропогенный характер контаминации.

Следующее звено циркуляции 7 штаммов *Serratia grimesii* из семейства *Yersiniaceae*: 2 рыбы ледянки из района базы Дружная-4 → кальмар → 2 шт. из помета поморника (питается рыбой и кальмарами) → грунт острова Токарев рядом с обсерваторией Мирный (место гнездования пингвинов Адели и на самой станции, где постоянно обитает поморник).

Другой представитель рода – *S. liquefaciens* была самым часто встречаемым штаммом. В 14 пробах прослеживается возможное движение по 5 цепочкам: нематоды → 4 пробы рыб → 2 пробы из кальмаров → печень и кишечник пингвина Адели → 3 пробы грунта колонии Аделей → из матов питьевого озера Степед на ст. Прогресс и из воды питьевого озера ст. Новолазаревская, что может указывать на свободноживущий образ жизни *S. liquefaciens*. Несмотря на обнаружение *S. plymuthica* в цепочке всего из 2 звеньев: субстрата нематод из рыбы, выловленной в районе ст. Прогресс → печени кальмара, данная бактерия относится к числу возбудителей «госпитальных» инфекций. И хотя она замыкает список *Serratia* по частоте выявления среди внутрибольничных штаммов, в настоящий момент проводятся исследования по выявлению факторов, определяющих вирулентность бактерий *S. grimesii*, которая представлена в 7 пробах. Возможное движение по 3 цепочкам: 2 пробы рыб → печень кальмара → помет поморника → 3 пробы грунта колоний пингвинов Адели с соседней территории ст. Мирный. *S. marcescens* обнаружена в останках птицы, которая извлечена из-под льда вблизи ст. Прогресс рядом с кладбищем полярников, погибших в период зимовок. Штамм *S. marcescens* изолирован из содержимого глаза птенца Адели с острова Токарева.

Таким образом, из 19 известных видов *Serratia* удалось получить 5 их представителей: *S. liquefaciens*, *S. grimesii*, *S. plymuthica*, *S. grimesii*, *S. marcescens*. Сейчас большинство серраций относятся к сапрофитам.

В содержимом желудков 2 рыб, заполненных пищевыми отходами с базы Дружная-4, была обнаружена *Klebsiella pneumoniae*, что может указывать на антропогенное происхождение этих бактерий.

Из 7 проб рыб были изолированы 3 вида псевдомонад: *P. fluorescens* и *P. luteola*; 3 штамма *P. oryzihabitans*, выделенных при бактериологическом обследовании 2 озер, используемых для питьевых целей. Видимо отсутствие трофических связей подтверждает их свободноживущий образ жизни.

Citrobacter freundii изолирован из 2 рыб → 2 пробы грунта колоний пингвинов Адели с соседней территории станции Мирный. Вид *C. freundii* – является комменсал толстой кишки у большинства здоровых людей.

Получены из рыбы 3 штамма *Oligella ureolytica* → помета поморника → грунта гнездования. Это указывает на основной морской тип питания данных хищных чаек и кормление рыбой своих птенцов.

Следующей сложной цепочкой движения *Eikinella corrodent* из 7 звеньев является анализ 12 проб. Из 2 порций придонного планктона из 2 близлежащих озер → вода из питьевого озера → 2 пробы рыб → из матов питьевого озера Степед на ст. Прогресс → печень мертвого взрослого пингвина Адели → погадки хищных птиц → грунт колонии Аделей → 3 пробы грунта станций.

В 2 пробах грунта из колонии пингвинов Адели на островах Токарев и Хасуэлл была обнаружена *Stenotrophomonas maltophilia* → в пробе грунта под сборником пищевых отходов → в помете поморников у камбуза ст. Мирный. Такой актуальный возбудитель внутрибольничных инфекций перемещается из колонии пингвинов в центральные и людные участки станции, или в обратном направлении, в связи с появлением новых пищевых и поведенческих предпочтений у поморников – типичных морских птиц в дикой природе.

Итак, на территории прибрежных объектов РАЭ и окружающей поселения местности было показано широкое представительство микроорганизмов, которые могут распространяться по эпизоотологическим трофическим связям. Изолированные условия Антарктиды с малочисленным количеством людей, животных и других биологических представителей

создают уникальные условия для изучения межпопуляционных взаимодействий микробиологических агентов в довольно разряженных экологических системах. Это определяет численность и вирулентность бактериально-микотических популяций, ответственных за формирование эпидемических вариантов возбудителей инфекций в полярных природно-техногенных очагах, возникающих и укореняющихся в природные условия VI континента. Инвазия в полярные экосистемы возбудителей природно-техногенных инфекций может привести к развитию и укоренению природно-очаговой циркуляции давно известных и новых («эмерджентных») инфекций.

Ведущей составляющей, наряду с антропогенной нагрузкой, на антарктическую природную среду является орнитогенное загрязнение, особенно выраженное в районах полярных поселений и гнездований птиц.

3.2.2. Роль орнитогенного фактора в формировании бактериального представительства на территории объектов РАЭ

В связи с отсутствием мышевидных грызунов и крыс в животном мире Южного континента вероятным резервуаром и источником сапрозоонозов являются птицы. В настоящее время недостаточно изучены механизмы обмена микробными видами с орнитофауной, соседствующей с объектами РАЭ. В ходе сезонных работ 50 РАЭ (2005-2006 гг.) начато выполнение программы исследований «Изучение механизмов взаимного влияния орнитофауны и антропогенного воздействия в районах размещения объектов России». Орнитогенные обследования были продолжены в период сезонных работ 52 (2006-2007 гг.), 56 (2010-2011 гг.) и 63 РАЭ (2017-2018 гг.). В ходе данных исследований была оценена возможность использования в качестве объектов мониторинга различных популяций птиц, массовые гнездовья которых находятся вблизи российских антарктических объектов. В этой связи проведены микробиологические исследования орнитогенных биосубстратов (помет, погадки, смывы из гнездовых, останки птиц и т.п.) ассоциированных с популяциями различных видов птиц, ареал обитания которых ограничен

южной циркумполярной областью. Доминиканская чайка (*Larus dominicanus*) – это единственный вид чаек, который гнездится на антарктическом полуострове, где расположена только одна научная станция РФ – Беллинсгаузен. Она мигрирует в летний период на большие расстояния. Поэтому их встречают и на других прибрежных объектах РАЭ.

Удалось обследовать материалы от снежного буревестника (*Pagodroma nivea*), пингвинов Адели (*Pygoscelis adeliae*), а также птиц, сезонные миграции которых выходят за пределы Антарктики – серебристо-серого буревестника (*Fulmarus glacialisoides*) и поморников (*Catharacta sp.*), а именно южно-полярных поморников (*Catharacta maccormiki*). Подробней рассмотрим эпизоотологические трофические связи последних, занимающих вершину пищевой пирамиды Южного полюса среди пернатых. Они сезонно питаются птенцами пингвинов и круглогодично – снежными буревестниками (*Pagodroma nivea*) и качурками Вильсона (*Oceanites oceanicus*) из-за их малых размеров. Вокруг мест гнездования часто находили 2 крыла — все, что осталось от трапезы поморника, которые неперевавленными останками формируют и отрывают погадки. Снежные буревестники для мониторинга являются оптимальными объектами наблюдения: они возвращаются на одни и те же места гнездования, а пары постоянны во времени – характерен гнездовой консерватизм.

Особый интерес представляют данные о миграции одного из самых распространенных видов пингвинов Адели. Они выводят птенцов летом, что обуславливает их многочисленные описания в период сезонных работ. Первоначально складывается мнение, что это животные с относительно привязанным местообитанием. Известно посещение пингвинов Адели станции Новолазаревская, что отмечено полярниками как редкое событие – эта станция находится в 80 км от берега моря Лазарева, где обитают пингвины. Примечательно описание прибытия этого вида пингвинов на пляжи Новой Зеландии на расстоянии свыше 3000 км от их проживания в Антарктиде. Так,

что вопрос миграции птиц и их разновидности – пингвинов, а значит и их микробиоты, требует дальнейшего изучения.

Особо важным объектом исследования является качурка Вильсона, которая распространена по всему миру, вплоть до Арктики, но размножается она только в Антарктике и является универсальным распространителем южнополярной микробиоты, а поморник, потребляя качурку, может контаминироваться привнесенной микробиотой. Так, в пробе помета поморника, собранного на территории между китайской станцией Зонг Шан и российским Прогрессом получены штаммы *Serratia grimesii* и *Oligella urethralis*. В помете поморника, отобранного у камбуза ст. Прогресс выделена культура *Stenotrophomonas maltophilia*, факт, указывающий на постоянные посещения поморниками многолюдного места станции и подтверждающих их обнаружением на палубе научно-экспедиционного судна «Академик Федоров». Из погадки антарктического поморника выделены *Eikinella corrodent* и *Alcaligenes faecalis* с территории полевой базы Дружная-4, полученных из одной чашки Петри, что может свидетельствовать об их ассоциации. В пробе из печени взрослого мертвого пингвина Адели с острова Токарева выделены 3 штамма *Serratia liquefaciens*, *Acinetobacter haemolyticus* и *Eikinella corrodent*. В 4 пробах грунта с территории колонии пингвинов Адели острова Токарев получены по 2 штамма *Serratia grimesii* и *Eikinella corrodent*, по 1 штамму *Eikinella corrodent* и *Psychrobacter faecalis*. С острова Хасуэлл, где располагается еще более крупная колония пингвинов Адели, выделена *Kingella denitrificans*, 2 штамма *Citrobacter freundii*, по 1 штамму *Eikinella corrodent* и *Comamonas terrigena*. На островах Хасуэлл и Токарев обнаружены 2 штамма *Stenotrophomonas maltophilia*, что может указывать на перелеты поморников между двумя колониями пингвинов с целью поедания больных и ослабленных птенцов пингвинов Адели и расположения станции Мирный в 3 км от своего гнездования для употребления пищевых отходов.

В орнитогенных пробах с острова Хасуэлл в 52 РАЭ при посеве материала на СБТС выделены 15 штаммов *Yersinia enterocolitica*.

Использование ПЦР позволило обнаружить среди них 6 культур с факторами вирулентности иерсиний (см. Главу V). В период 56 РАЭ в пробах с тех же островов архипелага Хасуэлл при использовании ПЦР обнаружены последовательности ДНК *Y. enterocolitica*, *Y. aldovae*, *Y. kristensenii* без факторов вирулентности и выделены штаммы следующих видов условно-патогенных бактерий: *Photorhabdus asymbiotica*, *Comamonas terrigena*, *Kingella denitri*, *Stenotrophomonas maltophilia*.

Новым этапом работы являлось исследование материалов 63 РАЭ. В результате посевов было выделено 184 изолята бактерий из орнитогенных местообитаний. Оценка морфологии их колоний позволяло уже на полевом этапе работ предположить высокое биологическое разнообразие выделяемой микробиоты в популяциях всех изучаемых видов. Так в погадке поморника с озера Песчаное в районе полевой базы Молодежная обнаружена ассоциация из *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis* и *Salmonella* sp. В этом же месте из свежего помета выделен другой консорциум с преобладанием кишечной микрофлоры: *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* и *Pseudomonas* sp. В гнезде поморника обнаружено еще более представительное сочетание: *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas* sp. и сине-фиолетовые колонии *Serratia marcescens*. У птенца поморника в жидком помете обнаружено меньшее разнообразие биоты: *Escherichia coli* и *Pseudomonas* sp. Напротив, в гнезде снежного буревестника и в его останках обнаружены только сине-фиолетовые колонии *Serratia marcescens*. Данная монокультура не подтверждает предположение нахождения большего количества микробиоты исходя из данных, что снежный буревестник копро-, детрито- и некрофаг. В пробе талой воды с орнитогенными включениями вновь обнаружена *Serratia marcescens*, дающая сине-фиолетовые колонии. Во мхе и почве рядом с гнездовьем снежного буревестника обнаружены бактерии *Escherichia coli* и *Enterococcus faecalis*. В другом гнезде на скале в месте гнездования снежных буревестников на 84 м над уровнем моря и в одном яйце этих пернатых, обнаружено такое же сочетание, а в другом – *Micrococcus luteus*, *Enterococcus*

faecalis и *Escherichia coli*. Аналогичное сочетание (*E. coli* и *E. faecalis*), обнаружено в погадке поморника на высоте 101 м. В тот же день на небольшой территории вдалеке от ст. Прогресс было отобрано 39 орнитогенных проб. Анализ их показывает преобладание ассоциаций *Escherichia coli* и *Enterococcus faecalis* (в 9 пробах). Через неделю на берегу залива в погибшем птенце пингвина Адели вновь было обнаружено такое же сочетание, что показывает движение микробных ассоциаций по трофической цепочке: снежный буревестник и птенцы пингвина Адели → поморник. Ассоциация *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* и *Pseudomonas* sp. обнаружена в пробе содержимого гнезда снежных буревестников на 93 м над уровнем моря. В соседнем гнезде обнаружено сочетание *Escherichia coli* и *Acinetobacter baumannii*. На высоте 97 м в пробе содержимого гнезда снежных буревестников получен рост на одной среде: *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* со стафилококками – *S. sciuri*, *S. epidermidis* и *S. hominis*. Из другого гнезда идентифицированы *Escherichia coli*, *Micrococcus luteus* и *Staphylococcus warneri*. Монокультуру *Escherichia coli* обнаружена в помете крупной птицы.

В пробе кишечника мертвого птенца снежного буревестника высеяна *Ewingella americana* – единственный вид из малоизученного рода *Ewingella*, который принадлежит к семейству *Yersiniaceae*, что само по себе является важным обстоятельством. Его следует отнести к возбудителям сапрозоонозов. Пока эвангелла нечасто упоминается как патоген человека. В погадках из района ст. Прогресс выделена ассоциация актуальных бактерий: *Ewingella americana*, *Escherichia coli* и *Pseudomonas* sp.

Обнаружение обильного количества помета на вершине гряды может указывать на болезненное состояние крупной птицы, что подтверждается обнаружением монокультуры *Enterococcus faecalis*. На следующий день в другом месте и тоже на вершине гряды был отобрана проба помета в большом объеме. В ней вновь обнаружена только *E. faecalis*. Энтерококкоз птиц — инфекционная болезнь пернатых всех видов, вызванная бактериями рода *Enterococcus*, и поражает также птиц промышленного выведения.

Обнаружение *E. faecalis* в консорциуме с другими бактериями указывает на сапрофитический образ жизни и возможность отнести его к сапрозоонозам. Так, из перьев птицы, вытаянных изо льда выделены *E. faecalis*, *Pseudomonas* sp. и *Serratia marcescens*. В помете пингвина обнаружен рост ассоциации 4 бактерий: *Escherichia coli*, *E. faecalis*, *Serratia plymuthica* и *Pseudomonas* sp. В тушках погибших 2 птенцов обнаружены: *Enterococcus faecium*, *E. faecalis* и *Escherichia coli*; во втором – *Escherichia coli* и *Pseudomonas* sp.

На острове Фулмар в заливе Трешникова рядом со станцией Мирный отобрано 42 орнитологических пробы в колонии пингвинов Адели. Эти работы явились продолжением обследования заповедного архипелага Хасуэлл, где острова Хасуэлл и Фулмар являются самыми крупными. Так в одном из разбитых яиц пингвина обнаружена ассоциация: *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Micrococcus luteus* и во втором – только *Escherichia coli*. Большинство проб представлены талой водой из луж и грунта со значительными орнитогенными включениями, отобранными на различных высотах над уровнем моря. В их числе имелся цианобактериальный мат с большим количеством перьев. В нем изолирована культура *Escherichia coli*.

Из гнезда серебристо-серого буревестника в его отрыгиваемой жидкости получена ассоциация из *Escherichia coli*, *Pseudomonas* sp., *Staphylococcus epidermidis*, *Enterococcus faecalis*. Этот жирный и липкий секрет со специфическим запахом наряду с камуфляжным цветом оперения буревестника выполняет защитные функции. При приближении врагов им, защищаясь, буревестник «плюется», а также кормит птенцов, которые ко времени вылета из гнезда по своей массе превышают вес взрослой птицы.

В 4 орнитогенных пробах с архипелага Хасуэлл обнаружены ассоциации *Escherichia coli* и *Enterococcus faecalis*, как в районе ст. Прогресс. Определены сочетания *Escherichia coli* и *Pseudomonas* sp., а также *Enterococcus faecalis* и *Pseudomonas* sp. Обращает внимание факт обнаружения монокультуры *Escherichia coli* в 8 пробах, в таком же количестве в ассоциациях с другими бактериями, что указывает на посещение птицами рядом расположенной ст.

Мирный. Если на острове Фулмар в 42 орнитологических пробах была обнаружена всего одна монокультура *Hafnia alvei*, то на соседнем острове Буромского, где расположено кладбище полярников и колония пингвинов Адели в 13 пробах их помета обнаружены 2 монокультуры *Hafnia alvei* и ассоциация: *Hafnia alvei*, *Enterococcus faecalis*, *Bacillus flexus* и *Escherichia coli*. Всего на этом часто посещаемом людьми месте отобрано 19 проб. Их всех практически можно считать орнитологическими из-за обилия пернатых. В это же время из 2 проб внутренностей рыб были выделены 2 монокультуры *Hafnia alvei*, что может указывать на движение данной условно-патогенной бактерии по трофической цепочке: рыбы → пингвины Адели → поморники.

В «чистой зоне» района ст. Прогресс из пробы поврежденного яйца снежного буревестника получен рост *Escherichia coli*. Яйцо найдено рядом с озером Sibthorpe на склоне сопки в гнездовье снежных буревестников. Там же были найдены 5 погадок поморников. Из них в 4 выросли монокультуры *Escherichia coli* и в одной *Enterococcus faecalis*. Озеро Sibthorpe очень мелкое – до 1 метра. Поэтому оно хорошо прогревается летом и может содержать местную разновидность микробиоты. Из полученных результатов можно предположить, что *Escherichia coli* имеет автохтонное происхождение или кишечная группа бактерий заносится пернатыми в «чистую местность» со станции в виде монокультур. Это требует дальнейшего исследования для подтверждения участия в миграционном процессе бактерий пернатыми.

На берегу малопосещаемого залива Dalkoy bay проведен отбор материала из тушки мертвого снежного буревестника рядом с гнездом антарктического поморника (*Catharacta antarctica*). В пробе выделен представитель *Pseudomonas* sp. В этой местности найдены 5 погадок и труп тюленя. В одной погадке изолирована *Morganella morganii* – частая причина внутрибольничной инфекции, в остальных – *Escherichia coli*.

На берегу бухты Тюленья (Seal Cove) в заливе Dalkoy bay в пробе тканей тюленя получен рост *Escherichia coli*. Описание пробы из млекопитающих в орнитогенном разделе связано с единичной пробой от высших животных и с

быстрым поеданием трупов птицами. При этом они могли его контаминировать. Видимо в данном случае бактерии продвигаются по трофическим путям в обратном направлении: труп тюленя → поморники и другие пернатые копро- и некрофаги → их помёт → бентос водный и сухопутный → индигенный полярный тип микробиоты с обменом генетического багажа и вступлением в ассоциативные связи.

В 3 яйцах снежных буревестников в гнездах на скале южнее озера Discussion обнаружена ассоциация *Pseudomonas antarctica*, *Pseudomonas sp* и *Escherichia coli*. В остальных – монокультуру *Escherichia coli*. В этой же местности в гнезде была обнаружена ассоциации бактерий: *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas sp.*, *Escherichia coli* и *Staphylococcus epidermidis* в защитной жидкости снежного буревестника, что является вторым примером бактериальной ассоциации из данного субстрата в другой местности.

В останках снежного буревестника на «чистом» полуострове Чарнокитовый оазиса Бангера получен рост *Serratia fonticola*. Она явилась новым представителем, изолированным в ходе исследований из 19 известных видов серраций. В помёте пингвина Адели выделена *Serratia sp.*, которая не отнесена к известным видам этого рода в пробе из места гнездования на сопке между бухтой Опасная и Песчаном озере в оазисе Молодежный. В помете антарктического поморника оазисе Ширмахера на берегу озера Глубокого в районе ст. Новолазаревская выделен *Enterococcus faecium*.

В погадке южнополярного поморника в долине Котикового ручья на полуострове Файлдс острова Кинг Джордж в районе ст. Беллинсгаузен обнаружены ассоциации *Serratia liquefaciens* и *Pseudomonas sp*. В помете выявлено сочетание *Pseudomonas sp.* и *Enterococcus faecalis*. В помете гнездовья субантарктических (папуасских) и антарктических пингвинов в бухте Поморника на этом острове обнаружена ассоциация из *Arthrobacter sp*, *Pseudomonas sp.* и грампозитивных палочек *Paenibacillus glycanolyticus*. В данной зоне отобрано 12 орнитогенных проб. Из них в 2 обнаружены монокультуры *Escherichia coli* и в одной сочетание *Pseudomonas sp.* и

Enterococcus faecalis. Выделено 4 разновидности *Staphylococcus* и 3 *Enterococcus faecalis*, которые в других местах редко изолировались, что, видимо, связано с мягким климатом оконечности Антарктического полуострова и самым густонаселённым регионом VI континента.

На острове Кинг Джордж у истока Утесового ручья, впадающего в пролив Дрейка, из помета антарктического синеглазого баклана (брансфидский баклан, *Phalacrocorax bransfieldensis*) были изолированы *Pseudomonas* sp. и *Enterococcus faecalis*. В местах гнездования одиночные бакланы подвергаются атакам южнополярного поморника во время их возвращения в колонии с кормежки. Поморники нападают снизу, отсекая птице путь к воде. Преследуемый баклан вынужден отрыгнуть пищу, предназначенную птенцам, в воздух, где ее подхватывает поморник. Данное поведение называется клептопаразитизмом и означает насильственное или тайное присвоение чужого кормового или гнездового ресурса, что дополняет разнообразие трофических связей в Антарктике. В бухте Географов проведены смывы с головы субантарктического (папуанского) пингвина, который обитает только в этом относительно теплом климате. Получена ассоциация из *Pseudomonas* sp. и *Pseudomonas* sp. с различными биохимическими свойствами. В 4 погадках южнополярного поморника в районе чилийской станции Presidente Eduardo Frei Montalva рядом со ст. Беллинсгаузен получено 8 разновидностей *Pseudomonas* sp. В районе озера Китеж, используемого для хозяйственно-питьевых целей ст. Беллинсгаузен и чилийского поселения в погадке выделены 2 варианта *Pseudomonas* sp.

Полученные данные позволяют сделать вывод о резервуарной роли птиц для сапрозоонозов – в первую очередь у чайковых пород: южно-полярных поморников (*Catharacta maccormiki*) и доминиканских чаек (*Larus dominicanus*), как видов, наиболее тяготеющих к полярным поселениям. Выделение патогенных *Y. enterocolitica* и условно-патогенных возбудителей сапрозоонозов в местах летнего гнездования колонии пингвинов Адели (*Pygoscelis adeliae*), а именно: в почве, воде, ЦБМ и помете пингвинов, где

вокруг колонии обитают поморники, указывают на эпидемиологическую значимость данных находок и свидетельствуют о важности изучения орнитогенного типа биоценоза в условиях Антарктики.

В ходе пеших маршрутов в окружающих объекты РАЭ ландшафтных районах обнаруживалось большое представительство водных и сухопутных цианобактериальных матов (ЦБМ). Особенно их значительное количество представлено в местах скопления пернатых и местности со следами антропогенного загрязняющего окружающую среду воздействия.

3.2.3 Цианобактериальные маты – универсальный биологический индикатор антропогенной и орнитогенной загрязненности Антарктиды

Нами обращено внимание на цианобактерии и их маты, которые часто концентрируются в местах антропогенного загрязнения и скопления птиц. Мы считаем, что ЦБМ являются объективным универсальным индикатором антропогенного и орнитогенного загрязнения. Получен патент на изобретение «Способа оценки антропогенного и орнитогенного загрязнения окружающей среды Антарктиды по состоянию цианобактериальных матов (варианты)», которое относится к области профилактической медицины и может быть использовано для комплексной оценки загрязнения Антарктиды. По их состоянию предложено непредвзято оценивать экологическое состояние окружающей среды: физико-химическому состоянию, степени контаминации санитарно-показательными бактериями и аккумуляции ими тяжелых металлов. Исходя из этих показателей предложена оценка местности как «чистая», «загрязненная» и «сильнозагрязненная». По данным критериям предложено оценивать экологическую безопасность ландшафта территорий полярных поселений, эксплуатации техники и оборудования [85].

Практическим подтверждением актуальности изобретения, явилось изменение приоритетов при отборе проб в сезонных работах 63 РАЭ (2016-2018 гг). Так из 637 проб было доставлено 101 образец ЦБМ (16%), что составило значительно большую долю проб по сравнению с предыдущими

обследованиями. Подробнее опишем исследование ЦБМ из озера Песчаное в районе полевой базы Молодёжная в которой обнаружена *Escherichia coli*. В этом же месте в «ветровом убежище или ванне» в пробе из биологического обрастания («сухопутная» разновидность ЦБМ) обнаружена ассоциация из *Pseudomonas sp.*, *Escherichia coli* с грампозитивными бактериями *Carnobacterium maltaromaticum* и *Lactobacillus sp.* В «водном» представителе ЦБМ со дна озера Scandrett, расположенного на высоте 67,4 м над уровнем моря получено сочетание *Serratia sp.* и *Escherichia coli*. В водоеме на скальной гряде недалеко от озера Bruehwiler в мате изолирована ассоциация: 2-е разновидности *Pseudomonas sp.* и *Enterococcus faecalis*. В «вытянутом» озере к северу от гряды Rusty Ridge на высоте 100 м над уровнем моря в 5 матах обнаружены по 2 монокультуры *Micrococcus luteus* и *Enterococcus faecalis* и в 2 ЦБМ получено сочетание *Enterococcus faecalis* и *Enterococcus faecium*. В одном мате – *Micrococcus luteus*. На полуострове Broknes оазиса Larsemann Hills в одном ЦБМ обнаружена монокультура *Escherichia coli*, в другом – *Escherichia coli* в ассоциации с сапрофитом морской воды *Shewanella baltica*.

Полученные результаты показывают ведущую роль орнитогенного фактора в резервации, накоплении и переносе полярной микробиоты в естественные экосистемы. Даже пингвины, в основном – морские обитатели, осуществляют перенос микроорганизмов в глубь Антарктиды, а поморники и доминиканские чайки, тяготеющие к жилищу людей, активно распространяют и антропогенную микробиоту. При этом у полярных пернатых инфекционный процесс протекают в виде энтерита с одним, доминирующим возбудителем. За время наблюдений нами не отмечены случаи эпизоотий среди птиц. Мигрирующие водоплавающие пернатые – чаще всего хищные и всеядные поморники и другие чайковые птицы – являются носителями, природным резервуаром для млекопитающих, что особенно проявляется в Арктике.

Актуальность охраны экологии Антарктиды связана с глобальным потеплением климата и как его следствие – возможно ухудшение эпидемиологической ситуации в полярных поселениях. Это определено

циркуляцией в окружающей среде патогенных и условно-патогенных энтеробактерий, псевдомонад и других малоисследованных возбудителей. Для своевременного ограничения их воздействия проведением профилактических мероприятий необходимо иметь достоверные способы оценки загрязненности почвы в экстремальных условиях Антарктиды, где существуют уникальные возможности исследования биологических систем в естественной изоляции.

В таких экологических нишах, какими являются оазисы, при отсутствии или слабо выраженной конкуренции со стороны более развитых форм жизни, образуются ЦБМ, которые первыми заселяют пустынные экстеральные места

Земли в широких температурных диапазонах и представляющие собой высокоинтегрированные прокариотные сообщества, зачастую связанные синтрофическими отношениями. Они заселяют грунты после освобождения пространства от ледников, участвуют в почвообразовании и первыми реагируют на экологические изменения, приурочены к местам таяния льда, концентрации птиц и постоянного антропогенного загрязнения объектов РАЭ.

Итак, ЦБМ являются динамичной и устойчивой системой, реагирующей на изменения в состоянии окружающей среды, фиксируя эти процессы во времени и в пространстве, постепенно оживляя пустынную местность, фиксируя биологические субстраты, химические элементы подстилающего грунта, воздуха и отвечают критериям объективной биоиндикации.

Для повышения надежности экологических оценок различных видов загрязнения и прогнозов в отношении неблагоприятных последствий этих процессов необходимо использовать не один, а 3-5 методов биоиндикации. Причем в условиях Антарктиды такой выбор весьма ограничен. Поэтому важно иметь возможность оценить состояние почвы по комплексу наиболее значимых показателей вместо разрозненных единичных данных.

Известно использование в качестве биологических индикаторов высших растений (фитоиндикация загрязнения атмосферного воздуха), а также губок (индикация загрязнения воды). В связи с отсутствием высших растений на территории Антарктиды на роль биоиндикаторов загрязнения воздушной

среды предлагалось использовать состояние лишайников. Однако они не могут служить универсальными индикаторами для всех объектов РАЭ, поскольку в основном присутствуют вокруг станции Беллинсгаузен на Антарктическом полуострове – в самом тёплом районе по сравнению с остальными объектами РАЭ. Поэтому к недостаткам вышеперечисленных биологических индикаторов необходимо отнести отсутствие универсальных индикаторов на прибрежных объектах РАЭ. Известно, что ЦБМ могут накапливать в себе химические и биологические элементы окружающей среды, увеличиваясь в объеме, становясь полихромными. Увеличение биологических включений в них приводит к снижению показателя рН ЦБМ. Поэтому всесторонняя оценка матов может помочь оценить уровень загрязнения объекта РАЭ. Они представлены в условиях Антарктиды повсеместно, а описание их характеристик не представляет технических сложностей. Наиболее близким к заявляемому способу оценки загрязнения окружающей среды является оценка санитарного состояния почвы по микробиологическим показателям – МУ № 1446-76. Однако в методических указаниях не учитываются данные о качественных и количественных показателях содержания микромицетов, хотя они являются неотъемлемой частью данного биоценоза и представлены в разном количестве и соотношении в ЦБМ в зависимости от степени загрязненности объекта.

Изобретение направлено на разработку способа объективной оценки антропогенного и орнитогенного загрязнения окружающей среды на территории расположения объектов РАЭ и для контроля качества выполнения экологических, санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий при помощи универсального биологического индикатора – ЦБМ.

Технический результат от использования изобретения выражается в обеспечении повышенной точности, простоты и безопасности осуществления мониторинга за антропогенным и орнитогенным загрязнением.

Нами предложено 3 варианта оценки:

- 1) по физико-химическим показателям матов;

- 2) по микробиологическим показателям;
- 3) по содержанию в них тяжелых металлов.

Способ оценки загрязнения окружающей среды Антарктиды предусматривает использование в качестве биологических индикаторов ЦБМ по состоянию их изменений, делая вывод о загрязнении окружающей среды.

В образцах ЦБМ определяют физико-химические показатели, а вывод о степени их загрязнения производят путем измерения площади, высоты мата, Ph, описания его цвета, характеристики подстилающего грунта, наличия биологических включений, при этом если площадь мата составляет $< 1 \text{ м}^2$, высота $< 5 \text{ см}$, Ph среды мата 6,5-9, цвет мата монохромный, подстилающий грунт не подвергнут антропогенному воздействию, биологические включения отсутствуют, то почва оценивается как чистая; если площадь матов составляет $1-3 \text{ м}^2$, высота 5-10 см, Ph среды мата 5-6,5, $< 50\%$ площади матов отличается полихромностью, отмечаются антропогенные воздействия без нарушения рельефа местности, наблюдаются биологические включения в виде перьев, погадок, бумаги, стройматериалов, то почва считается загрязненной; если площадь мата составляет $> 3 \text{ м}^2$, высота $> 10 \text{ см}$, Ph среды мата 3-5, полихромность мата превышает 50% его площади, подстилающий грунт подвергнут антропогенному воздействию с нарушением рельефа местности и изменением водотока, отмечаются биологические включения в виде помета, костей животных и рыб, отходов из мусоросборников, тяжелого мусора, нефтепродуктов, фрагментов металла и строительного мусора, сточных вод, то такая почва считается сильно загрязненной.

Согласно второму варианту способа в образцах ЦБМ устанавливают микробиологические показатели, а вывод о степени загрязнения делают путем количественной оценки содержания в матах энтеробактерий, псевдомонад и других нитрифицирующих бактерий, клостридий, термофильных микроорганизмов, микромицетов, причем, если в образцах матов определяется $< 1 \text{ КОЕ/г}$ (колониеобразующих единиц), псевдомонад и других нитрифицирующих бактерий $< 10 \text{ КОЕ/г}$, клостридий $< 100 \text{ КОЕ/г}$,

термофильных микроорганизмов < 1000 КОЕ/г, микромицетов < 1000 КОЕ/г, при этом в составе матов преобладают индигенные *Coniosporium spp.*, *Geomyces pannorum*, *Thelebolus microsporus*, *Thelebolus globosus*, *Phaeosclera dematioide*, неспорулирующие и микроколониальные формы грибов, то такая почва считается чистой; если в образцах матов содержание энтеробактерий составляет 1-10 КОЕ/г, псевдомонад и др. нитрифицирующих бактерий 10-1000 КОЕ/г, клостридий 100-10 000 КОЕ/г, термофильных микроорганизмов 1000-100 000 КОЕ/г, микромицетов 1000-2000 КОЕ/г, при этом в составе матов представлены индигенные и привнесенные *Penicillium*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, *Geomyces*, то такая почва считается загрязненной; если в образцах содержится энтеробактерий > 10 КОЕ/г, псевдомонад и др. бактерий нитрифицирующих >1000 КОЕ/г, клостридий >10 000 КОЕ/г, термофильных микроорганизмов >100 000 КОЕ/г, микромицетов >2000 КОЕ/г, при этом в составе матов доминируют обитатели антропогенных субстратов с преобладанием *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, то такая почва считается сильно загрязненной (таблица 3).

Многочисленными исследованиями микробного пейзажа грунта Антарктиды было показано, что основными представителями являются энтеробактерии, псевдомонады, клостридии, термофильные микроорганизмы и микромицеты.

По третьему варианту определяют содержание тяжелых металлов (ртути (Hg), кадмия (Cd), свинца (Pb), мышьяка (As), цинка (Zn), никеля (Ni), кобальта (Co), хрома (Cr), молибдена (Mo), меди (Cu), сурьмы (Sb)), а вывод о степени загрязнения производят путем расчета суммарного показателя загрязнения по формуле $Z_c = \sum(K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n-1)$, где K_{ci}, \dots, K_{cn} – отношение показателя найденного тяжелого металла в ЦБМ к его фоновому значению, n – число определяемых суммируемых веществ, при этом, если суммарный показатель загрязнения $Z_c < 16$, то почва считается чистой; если Z_c находится в пределах от 16 до 128, то почва считается загрязненной; если $Z_c > 128$, то такая почва считается сильно загрязненной (таблица 4).

Возможность сохранения ЦБМ при температуре холодильника позволяет продолжить их исследование в стационарных условиях для выявления некультивированных форм бактерий, что даёт информацию для прогноза активации патогенных бактерий во внешней среде. Именно с ними связаны механизмы сохранения возбудителей сапронозных инфекций в межэпидемические и межэпизоотические периоды, как и необъяснимая сегодня «внезапность» возникновения эпидемий и эпизоотий.

Описанное изобретение практически реализуется следующим образом: физико-химических показателей оценивали на месте без изъятия образцов ЦБМ, а именно по их высоте, площади, цвету, характеристике подстилающего грунта и наличие биологических включений. Показатель Ph среды мата определяли на месте или в лаборатории РАЭ после изъятия образца мата.

Кроме того, использование всесторонней оценки загрязнения окружающей среды Антарктиды не предусмотрено ни одним имеющимся документом. Поэтому предлагаемый комплексный подход, включающий 3 варианта оценки, позволит более полно и объективно охарактеризовать состояние окружающей среды Антарктиды. Учитывая аккумулярующие свойства ЦБМ, возможно определять пороговые величины токсических веществ, которые в данной местности могут находиться в подпороговых количествах и располагаться неравномерно. В сводных данных по вышеперечисленным параметрам легче и убедительней определять критерии оценки санитарного состояния окружающей среды (почвы и воды) по микробиологическим и физико-химическим показателям, что позволит прогнозировать влияние этих вредных воздействий на здоровье полярников и жизнь фауны. Полученные объективные параметры будут использоваться в составлении Предписаний руководству РАЭ для принятия управленческих решений.

Таблица 3

Критерии оценки санитарного состояния объекта Российской антарктической экспедиции (РАЭ)
по физико-химической и микробиологической характеристике циано-бактериальных матов (ЦБМ)

Оцениваемые показатели ЦБМ	Категория почвы		
	Чистая	Загрязненная	Сильно загрязненная
1. Физико-химическая характеристика матов:			
Площадь (м ²)	< 1	1-3	>3
Высота (см)	<5	5-10	>10
Цвет (пигментообразование)	Монохромный*	Полихромный <50%	Полихромный >50%
Характеристика подстилающего грунта в зависимости от антропогенного воздействия	Не подвергнут антропогенному воздействию	Антропогенное воздействие без нарушения рельефа местности	Антропогенное воздействие с нарушением рельефа местности и изменением водотока
Наличие биологических включений (орнитогенных, антропогенных)	Нет	Перья, погадки, бумага, стройматериалы	Помет, кости животных и рыб, отходы из мусоросборников, тяжелый мусор, нефтепродукты, фрагменты металла и строительного мусора, сточные воды.
Ph среды матов	6,5-9	5-6,5	3-5
2. Микробиологическая характеристика матов (КОЕ/г)			
Энтеробактерии	<1	1-10	>10
Псевдомонады и др. нитрифицирующие бактерии	<10	10-1000	>1000
Клостридии	<100	100-10 000	>10 000

Термофильные микроорганизмы	<1000	1000-100 000	>100 000
Микромицеты	<1000 **	1000-2000 ***	>2000 ****
3. Характеристика загрязнения тяжелыми металлами (Zc)*****	<16	16-128	>128

Примечания:

* в зависимости от подстилающего грунта

** в составе матов преобладают индигенные *Coniosporium spp.*, *Geomyces pannorum*, *Thelebolus microsporus*, *Thelebolus globosus*, *Phaeosclera dematioide*, неспорулирующие и микроколониальные формы грибов

*** в составе матов представлены индигенные и привнесенные *Penicillium*, *Trichoderma*, *Cladosporium*, *Geomyces*



**** в составе матов доминируют обитатели антропогенных субстратов с преобладанием *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Trichoderma*.


***** Zc – суммарный показатель загрязнения. Рассчитывается по формуле: $Zc = \sum(K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n-1)$, где K_{ci}, \dots, K_{cn} – отношение показателя найденного тяжелого металла в ЦБМ к его фоновому значению, n- число определяемых суммируемых веществ. Фоновые значения тяжелых металлов представлены в нормативно-технической документации (ГН 2.1.7.2041-06. ГН 2.1.7.2042-06. Москва 2006).


Таблица 4

Примеры оценки санитарного состояния объекта РАЭ по характеристике ЦБМ

Пример 1- чистый объект	Оцениваемые показатели ЦБМ	Результаты оценки
Полевая база Дружная-4 S 69044,877' E 073042,417' ЦБМ с доминированием нитчатых водорослей, между камнями на склоне к дороге от станции. 	4. Физико-химическая характеристика матов:	
	Площадь (м ²)	1
	Высота (см)	3
	Цвет (пигментообразование)	Монохромный (зеленый)
	Характеристика подстилающего грунта в зависимости от антропогенного воздействия	Не подвергнут антропогенному воздействию
	Наличие биологических включений (орнитогенных, антропогенных)	Нет
	Ph среды матов	7
	5. Микробиологическая характеристика матов (КОЕ/г)	
	Энтеробактерии	0
	Псевдомонады и др. нитрифицирующие бактерии	5
	Клостридии	0
	Термофильные микроорганизмы	500
	Микромицеты	900
	6. Характеристика загрязнения тяжелыми металлами (Zc)*****	12
Пример 2 – загрязненный объект Станция Прогресс, S 69022, 976' E 076024,009' Орнитофильное местообитание, грунт с зачаточными мхами и водорослями.	1. Физико-химическая характеристика матов:	
	Площадь (м ²)	3
	Высота (см)	5
	Цвет (пигментообразование)	Полихромный (<50%)
	Характеристика подстилающего грунта в зависимости от антропогенного воздействия	Антропогенное воздействие без нарушения рельефа местности
	Наличие биологических включений (орнитогенных, антропогенных)	Перья, погадки, стройматериалы
	Ph среды матов	6
	2. Микробиологическая характеристика матов (КОЕ/г)	
	Энтеробактерии	10

	Псевдомонады и др. нитрифицирующие бактерии	1000
	Клостридии	500
	Термофильные микроорганизмы	10000
	Микромицеты	1300
	3. Характеристика загрязнения тяжелыми металлами (Zc)*****	30
<p>Пример 3 – загрязненный объект Станция Мирный S 66031, 817' E 092059,463' Остров Хасуэл, недалеко от колоний пингвинов.</p> 	1. Физико-химическая характеристика матов:	
	Площадь (м ²)	3
	Высота (см)	10
	Цвет (пигментообразование)	Полихромный (<50%)
	Характеристика подстилающего грунта в зависимости от антропогенного воздействия	Антропогенное воздействие без нарушения рельефа местности
	Наличие биологических включений (орнитогенных, антропогенных)	Перья, погадки, стройматериалы
	Ph среды матов	5,5
	2. Микробиологическая характеристика матов (КОЕ/г)	
	Энтеробактерии	10
	Псевдомонады и др. нитрифицирующие бактерии	500
	Клостридии	1000
	Термофильные микроорганизмы	10000
	Микромицеты	2000
	3. Характеристика загрязнения тяжелыми металлами (Zc)*****	56
<p>Пример 4 – загрязненный объект Полевая база Дружная-4. S 69044,877'</p>	1. Физико-химическая характеристика матов:	
	Площадь (м ²)	3
	Высота (см)	8
	Цвет (пигментообразование)	Полихромный (50%)

<p>Е 073042,417' ЦБМ на склоне к дороге от станции.</p> 	Характеристика подстилающего грунта в зависимости от антропогенного воздействия	Антропогенное воздействие без нарушения рельефа местности
	Наличие биологических включений (орнитогенных, антропогенных)	Перья, погадки, отходы горюче-смазочных материалов
	Ph среды матов	5
	2. Микробиологическая характеристика матов (КОЕ/г)	
	Энтеробактерии	5
	Псевдомонады и др. нитрифицирующие бактерии	1000
	Клостридии	1000
	Термофильные микроорганизмы	100000
	Микромицеты	2000
	3. Характеристика загрязнения тяжелыми металлами (Zc)*****	120
<p>Пример 5 – сильно загрязненный объект Станция Прогресс, S 69023,128' E 076023,367'. Поверхностный слой первично почвы с ЦБМ, в понижении рельефа, по ручью.</p>	1. Физико-химическая характеристика матов:	
	Площадь (м ²)	10
	Высота (см)	15
	Цвет (пигментообразование)	Полихромный (>50%)
	Характеристика подстилающего грунта в зависимости от антропогенного воздействия	Антропогенное воздействие с нарушением рельефа местности и изменением водотока
	Наличие биологических включений (орнитогенных, антропогенных)	Помет, кости животных и рыб, отходы из мусоросборников, нефтепродукты, сточные воды.
	Ph среды матов	4,5
	2. Микробиологическая характеристика матов (КОЕ/г)	
	Энтеробактерии	100
	Псевдомонады и др. нитрифицирующие бактерии	5000
	Клостридии	20000
	Термофильные микроорганизмы	500000
	Микромицеты	3000

	<p>3. Характеристика загрязнения тяжелыми металлами (Zc)*****</p>	140																												
<p>Пример 6 – сильно загрязненный объект Станция Мирный S 66031,784' E092059,501' Остров Хасуэл, грунт из глубокой трещины в породе, толстый слой, покрытый ЦБМ, следы пингвинов</p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="730 671 1610 707">1. Физико-химическая характеристика матов:</td> <td data-bbox="1619 671 2080 707"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="730 707 1610 742">Площадь (м²)</td> <td data-bbox="1619 707 2080 742">15</td> </tr> <tr> <td data-bbox="730 742 1610 777">Высота (см)</td> <td data-bbox="1619 742 2080 777">25</td> </tr> <tr> <td data-bbox="730 777 1610 818">Цвет (пигментообразование)</td> <td data-bbox="1619 777 2080 818">Полихромный (>50%)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="730 818 1610 933">Характеристика подстилающего грунта в зависимости от антропогенного воздействия</td> <td data-bbox="1619 818 2080 933">Антропогенное воздействие с нарушением рельефа местности и изменением водотока</td> </tr> <tr> <td data-bbox="730 933 1610 1042">Наличие биологических включений (орнитогенных, антропогенных)</td> <td data-bbox="1619 933 2080 1042">Помет, кости животных и рыб, отходы от нефтепродуктов, сточных вод.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="730 1042 1610 1077">Ph среды матов</td> <td data-bbox="1619 1042 2080 1077">4,5</td> </tr> <tr> <td data-bbox="730 1077 1610 1118">2. Микробиологическая характеристика матов (КОЕ/г)</td> <td data-bbox="1619 1077 2080 1118"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="730 1118 1610 1153">Энтеробактерии</td> <td data-bbox="1619 1118 2080 1153">50</td> </tr> <tr> <td data-bbox="730 1153 1610 1189">Псевдомонады и др. нитрифицирующие бактерии</td> <td data-bbox="1619 1153 2080 1189">2000</td> </tr> <tr> <td data-bbox="730 1189 1610 1224">Клостридии</td> <td data-bbox="1619 1189 2080 1224">20000</td> </tr> <tr> <td data-bbox="730 1224 1610 1259">Термофильные микроорганизмы</td> <td data-bbox="1619 1224 2080 1259">100000</td> </tr> <tr> <td data-bbox="730 1259 1610 1300">Микромицеты</td> <td data-bbox="1619 1259 2080 1300">3500</td> </tr> <tr> <td data-bbox="730 1300 1610 1383">3. Характеристика загрязнения тяжелыми металлами (Zc)*****</td> <td data-bbox="1619 1300 2080 1383">140</td> </tr> </table>	1. Физико-химическая характеристика матов:		Площадь (м ²)	15	Высота (см)	25	Цвет (пигментообразование)	Полихромный (>50%)	Характеристика подстилающего грунта в зависимости от антропогенного воздействия	Антропогенное воздействие с нарушением рельефа местности и изменением водотока	Наличие биологических включений (орнитогенных, антропогенных)	Помет, кости животных и рыб, отходы от нефтепродуктов, сточных вод.	Ph среды матов	4,5	2. Микробиологическая характеристика матов (КОЕ/г)		Энтеробактерии	50	Псевдомонады и др. нитрифицирующие бактерии	2000	Клостридии	20000	Термофильные микроорганизмы	100000	Микромицеты	3500	3. Характеристика загрязнения тяжелыми металлами (Zc)*****	140	
1. Физико-химическая характеристика матов:																														
Площадь (м ²)	15																													
Высота (см)	25																													
Цвет (пигментообразование)	Полихромный (>50%)																													
Характеристика подстилающего грунта в зависимости от антропогенного воздействия	Антропогенное воздействие с нарушением рельефа местности и изменением водотока																													
Наличие биологических включений (орнитогенных, антропогенных)	Помет, кости животных и рыб, отходы от нефтепродуктов, сточных вод.																													
Ph среды матов	4,5																													
2. Микробиологическая характеристика матов (КОЕ/г)																														
Энтеробактерии	50																													
Псевдомонады и др. нитрифицирующие бактерии	2000																													
Клостридии	20000																													
Термофильные микроорганизмы	100000																													
Микромицеты	3500																													
3. Характеристика загрязнения тяжелыми металлами (Zc)*****	140																													
																														

Опыт, полученный в экспедициях в Антарктике, использовали при проведении исследований в Арктике.

3.3. Особенности микробных сообществ Арктического региона

Объектами исследования являлись пробы биологического происхождения, доставленные из района микробиологических исследований на архипелагах Шпицберген и Северная Земля.

3.3.1. Тенденции изменения микробиоты окружающей среды региона в условиях изменяющегося климата

3.3.1.1. Исследование материала с архипелага Шпицберген

Отбор образцов материала для микробиологических исследований проводили в прибрежной зоне заливов Грен-фьорд и Ис-Фьорд на острове Западный Шпицберген, согласно рисунку 3.



Рисунок 3 – Район микробиологических исследований на острове Западный Шпицберген архипелага Шпицберген

Основными местами, где осуществлен внутри островной сбор проб, являлись моренные комплексы вокруг ледников Альдегонда и Восточный Гренфьорд. В район обследования включены российские поселения

Баренцбург и Пирамида (законсервированный посёлок с угольными разработками). Всего в ходе проведения микробиологических исследований изучено 119 проб: 40 проб помёта и фекалий (птиц, северных оленей), 17 проб ЦБМ (из озёр, рек, ручьёв, временных водотоков, луж, талой воды, водопадов), 30 проб воды (из озёр, рек, ручьёв, луж), 2 пробы снега, 3 пробы погадок птиц, 1 проба осадка из канализационной трубы, 6 проб почвы, 4 пробы из останков птиц, 6 проб яиц диких птиц (скорлупа и подскорлуповая оболочка), 8 проб птичьих гнёзд и 2 пробы биообрастания (Приложение 2).

В 3 пробах фекалий северного оленя (*Rangifer tarandus*) на побережье Гренфиорда выделены *Enterococcus hirae* и *Pseudomonas sp.*; там же на горе Бикоплен, высота 503 м обнаружен консорциум из *Arthrobacter citreus*, *Acinetobacter calcoaceticus* и 2 разновидностей *Pseudomonas sp.*; в последней пробе – *Escherichia coli* и *Myroides odoratimimus*. На том же побережье в воде озера отобраны 2 пробы ЦБМ оранжевого цвета, где выделены *Acinetobacter calcoaceticus*, *Aeromonas sp.* и *Pseudomonas sp.* Там же на горе Бикоплен из 2 проб ЦБМ в ручье талой воды была получена *Staphylococcus capitis* и из оранжевого цвета мата в русле временного водотока получена ассоциация из *Yersinia intermedia* и 2 разновидностей *Pseudomonas sp.* В 2 пробах воды из ручья у снежника в той же местности получена монокультура *Aerococcus viridans* и ассоциация из 4 видов *Aerococcus viridans*, *Acinetobacter calcoaceticus*, *Enterobacter cloacae* и *Pseudomonas sp.*

В 2 пробах ЦБМ из реки Улаф в ЦБМ со дна обнаружен консорциум: *Aerococcus viridans*, *Enterococcus faecalis*, *Carnobacterium maltaromaticum*, *Pseudomonas sp.* и *Paenibacillus amylolyticus*, а в матах на поверхности фирна – *Enterococcus faecalis* и *Escherichia coli*.

В устье реки Грендален в пробе фекалия медведя выделено *Escherichia coli*. В пробах грунта с морены ледника Альдегонда, высота 191 м получен *Pantoea agglomerans* и с высоты 131 м – *Acinetobacter sp.* и *Bacillus cereus*.

В воде озера с ледника Альдегонда, с высоты 169 м в 3 пробах были обнаружены: *Aerococcus viridans*, *Enterococcus hirae*, 2 разновидности видов

Pseudomonas sp. и *Bacillus cereus*. В ручейке с ледника Альдегонда на 96 м в ЦБМ – *Acinetobacter calcoaceticus*, *Staphylococcus vitulinus*, а в воде из этого ручейка на высоте 61 м – *Acinetobacter radioresistens* и *Enterobacter cloacae*. В 2 пробах из почвы на высоте 61 м – *Aerococcus viridans*, *Bacillus pumilus* и *Staphylococcus epidermidis*, а на высоте 5 м – *Acinetobacter sp.* Из озера на высоте 5 м выделена ассоциация из 7 видов – *Acinetobacter calcoaceticus*, *Aerococcus viridans*, *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Staphylococcus lugdunensis* и *S. epidermidis*. В ручье Брайда – *Yersinia intermedia*, *Carnobacterium maltaromaticum* и *Pseudomonas sp.*

В 2 пробах ЦБМ из водопада на побережье Гренфиорда выделены *Enterococcus faecalis* и ассоциация: *Enterobacter cloacae*, *Staphylococcus warneri*, *Acinetobacter sp.* и *Pseudomonas sp.*, а из ручья – *Carnobacterium maltaromaticum* и *Pseudomonas sp.*

В 2 пробах воды из устья р. Холлендердален побережья Гренфиорда, получены консорциум из 6 бактерий – *Acinetobacter radioresistens*, *Enterobacter cloacae*, *Carnobacterium maltaromaticum*, *Streptococcus crispatus*, *Stenotrophomonas maltophilia* и *Staphylococcus warneri*, а во второй пробе – *Enterobacter cloacae* и *Carnobacterium maltaromaticum*.

У верховья ручья Ирадален, 385 м в воде обнаружены *Enterobacter cloacae* и *Stenotrophomonas maltophilia*, а в рядом собранном «красном снеге» ассоциацию из *Acinetobacter calcoaceticus*, *Enterobacter cloacae*, *Staphylococcus hominis*, *Stenotrophomonas maltophilia* и *Providencia sp.*

В 2 пробах воды озера Бретьерна обнаружены *Acinetobacter sp.*, *Aerococcus viridans*, *Leuconostoc lactis*, *Pantoea agglomerans* и *Enterobacter cloacae*. В ЦБМ из озера талой воды на западном берегу Гренфиорда обнаружены *Enterococcus casseliflavus* и *Staphylococcus warneri*. Там же в 2 пробах воды озера Стэмме выделена ассоциация из 5 бактерий – *Arthrobacter sp.*, 2 *Acinetobacter sp.*, *Carnobacterium maltaromaticum* и *Stenotrophomonas maltophilia*. В ЦБМ оранжевого цвета из озерца талой воды выросшую культуру идентифицировать не удалось, а в 2 пробах из ручья, вытекающего

из озера в зоне абляции ледника Восточный Гренфиордбреен обнаружены *Acinetobacter sp.* и *Staphylococcus epidermidis*.

В пробах под номерами: 12, 14, 23, 28, 30, 36, 43, 47, 49, 51, 52, 53, 56, 64, 72, 73, 82, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 96, 107, 108, 109, 112, 114, 117 были обнаружены не идентифицированные виды микроорганизмов с помощью технологии MALDI-ToF. С целью их идентификации была проведена амплификация фрагментов гена 16S рНК. После проведения секвенирования получены следующие результаты, представленные в таблице 5.

Таблица 5

Идентифицированные штаммы по гомологии последовательностей
фрагментов гена 16S рНК

Номер пробы	Наиболее близкий таксон	Номер последовательности в Gen Bank	Степень сходства, в %
28	<i>Staphylococcus nepalensis</i>	HQB406	97
30	<i>Staphylococcus nepalensis</i>	HQB406	98
43	<i>Staphylococcus cohnii</i>	HNS003	98
47	<i>Carnobacterium sp.</i>	12266/2009	95
51	<i>Bacillus korlensis</i>	H-29	94
72	<i>Macrococcus genomos</i>	CCM 7100	98
88	<i>Enterococcus devriesei</i>	CAU10093	92
90	<i>Microbacterium sp.</i>	Bma25	90
92	<i>Carnobacterium viridans</i>	ex26	98
96	<i>Staphylococcus cohnii</i>	XH152	98
108	<i>Paenibacillus sp.</i>	L203(2017)	97
109	<i>Bacillus beringensis</i>	NIOT-Ba-21	98
112	<i>Plantibacter sp.</i>	Enf69	98
114	<i>Plantibacter sp.</i>	1056H112	95

При ранжировании по частоте встречаемости видов бактерий было установлено, что в пробах естественного биоценоза на Шпицбергене преобладали бактерии родов *Acinetobacter*, *Enterobacter*, из антропогенных образцов – *Acinetobacter*, а из орнитогенных проб – представители родов

Enterobacter, *Enterococcus*. Всего идентифицировано 270 жизнеспособных штаммов бактерий 58 видов, относящихся к 28 родам и 22 семействам (табл. 6, рис. 4).

Таблица 6

Распределение микробиоты из района микробиологических исследований на архипелаге Шпицберген по видам биоценоза

№ п/ п	Бактерии (семейство)	Количество выделенных штаммов бактерий					
		Естественный биоценоз		В условиях антропогенного загрязнения		В условиях орнитогенного загрязнения	
		Абсолютное число	Доля (%)	Абсолютное число	Доля (%)	Абсолютное число	Доля (%)
1	<i>Yersiniaceae</i>	4	3,5	1	3,2	2	1,6
2	<i>Moraxellaceae</i>	18	15,7	9	29,0	17	13,7
3	<i>Pseudomonadaceae</i>	14	12,2	2	6,5	20	16,1
4	<i>Enterobacteriaceae</i>	15	13,0	4	12,9	27	21,8
5	<i>Enterococcaceae</i>	6	5,2	1	3,2	21	16,9
6	<i>Carnobacteriaceae</i>	9	7,8	1	3,2	6	4,8
7	<i>Staphylococcaceae</i>	15	13,0	4	12,9	8	6,5
8	<i>Streptococcaceae</i>	1	0,9	0	0	0	0
9	<i>Bacillaceae</i>	4	3,5	5	16,1	8	6,5
10	<i>Aerococcaceae</i>	8	7,0	0	0	5	4,0
11	<i>Xanthomonadaceae</i>	9	7,8	2	6,5	1	0,8
12	<i>Erwiniaceae</i>	3	2,6	1	3,2	1	0,8
13	<i>Micrococcaceae</i>	1	0,9	0	0	2	1,6
14	<i>Paenibacillaceae</i>	2	1,7	1	3,2	0	0
15	<i>Clostridiaceae</i>	0	0	0	0	2	1,6

16	<i>Microbacteriaceae</i>	1	0,9	0	0	2	1,6
17	<i>Flavobacteriaceae</i>	1	0,9	0	0	1	0,8
18	<i>Aeromonadaceae</i>	0	0	0	0	1	0,8
19	<i>Morganellaceae</i>	1	0,9	0	0	0	0
20	<i>Caulobacteraceae</i>	1	0,9	0	0	0	0
21	<i>Myroidaceae</i>	1	0,9	0	0	0	0
22	<i>Leuconostocaceae</i>	1	0,9	0	0	0	0

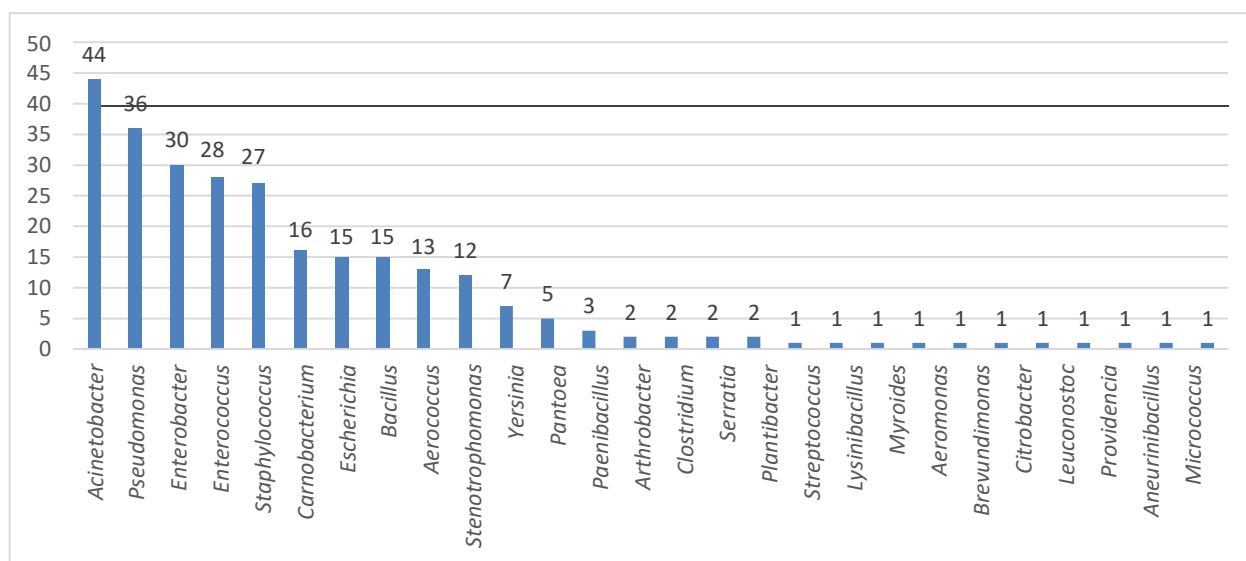


Рисунок 4 – Количество выделенных штаммов различных родов бактерий в пробах окружающей среды на архипелаге Шпицберген

Среди всех выделенных на Шпицбергене бактерий наибольшее медицинское значение имеют *Escherichia coli*, *Yersinia intermedia*, представители родов *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*, *Serratia*, *Enterobacter*, *Enterococcus*, *Staphylococcus*.

Изучение воздушной среды, почв, ЦБМ (сухопутных и водных), антропогенных субстратов позволило выявить 117 видов микромицетов, большая половина из которых представлены основными биодеструкторами строительных материалов в жилых и административных помещениях. К ним относятся представители родов *Aspergillus* spp, *Alternaria* spp, *Penicillium* spp, *Chaetomium* spp, *Cladosporium* spp и других. При исследовании почвы в районе поселения Баренцбург на наличие условно патогенных микромицетов

установлено, что их доля в загрязненных почвах заметно возрастала в сравнении с контрольными (относительно чистыми почвами на значительном удалении от поселка). Так, численность микромицетов в почве естественных биоценозов составляет $32,1 \cdot 10^3 \pm 2,9 \cdot 10^3$ КОЕ/г почвы, в то время как в антропогенно загрязненных почвах – $124,8 \cdot 10^3 \pm 13,6 \cdot 10^3$ КОЕ/г, а в местах скопления птиц – $212,2 \cdot 10^3 \pm 20,3 \cdot 10^3$ КОЕ/г.

Итак, на острове Западный Шпицберген архипелага Шпицберген изолировано достаточно представительное разнообразие бактерий и микромицетов, указывающих на антропогенную и орнитогенную составляющую при ее формировании.

3.3.1.2. Исследование бактериальной составляющей на острове Большевик архипелага Северная Земля

Данный остров является вторым по величине в архипелаге. На его южной оконечности располагается береговой научно-исследовательский стационар ААНИИ – ледовая база Мыс Баранова, восстановленная в 2013 г. На прибрежных равнинах имеется моховая и лишайниковая растительность, характерная для арктических пустынь. Климатогеографические условия данной местности, отсутствие местных жителей и наличие только пришлого населения весьма напоминают условия прибрежной Антарктиды, особенно расположение российской станции Беллинсгаузен, окруженную многочисленными иностранными станциями. В последние годы и на острове Большевик работают специалисты из Японии и Южной Кореи, которые осуществляют научно-исследовательские проекты в различных областях изучения Арктики – в первую очередь для морских перевозок по реконструированному Северному морскому пути. Их интересы затрагивают энергетические проекты, ресурсные возможности арктического региона, проблемы экологии окружающей среды, вопросы безопасности и жизнеобеспечения в экстремальном полярном климате.

В лидерах исследований японских ученых в российской Арктике занимают проблемы изменения климата. Именно в этой области реализуется большинство из совместных российско-японских научных проектов в Арктике и Антарктике для оценки воздействия климатических изменений, составления будущих прогнозов в глобальном масштабе и в приложении к собственной островной стране с окружающими её акваториями. Эти работы ведутся не только в Восточном секторе Арктики при помощи японского научно-исследовательского судна, но и в Якутии. Аналогичные научные исследования проводят южнокорейские учёные на острове Большевик так как он является сухопутным центром Северного морского пути и делит его на западный и восточный сектор. Главными направлениями в этой работе является выработка новых методов навигации, что сократит время доставки грузов из восточных государств в Европу и продолжит хозяйственное освоение Арктики. Реализация данных проектов откроет РФ доступ к передовым технологиям экологического мониторинга, логистики, судостроения и добычи полезных ископаемых. При этом Россия делиться с восточными сопредельными странами обширным научно-технологическим опытом полярных работ. Вышеперечисленные обстоятельства международного сотрудничества делают проведение сопоставления аллохтонной (привнесённой) и облигатной микрофлоры данных похожих регионов Земли.

Отбор проб для микробиологических исследований проводили на севере острова на берегах залива Микояна и бухты Амба, на юге – граница постоянного полигона наблюдений проходила по границе ледника Мушкетова и по реке Амба (рис. 5). На острове Большевик было отобрано 20 проб. Из них 10 проб – вода (озер, рек) и 10 проб – ЦБМ (из озер и с берегов озер) в связи с их возможностью накапливать и сохранять микробиоту. На границе северной оконечности обозначенного участка имеется озеро Твёрдое, которое является источником хозяйственно-питьевой воды для базы Мыс Баранова. Данная местность является достаточно изолированной и не задействованной в научно-хозяйственной деятельности. Поэтому этот участок используется как

стабильный полигон микробиологического мониторинга, отражающий исходное (фоновое) состояние полярной природы. Особенностью данной местности является наличие 4 рек: Амба, Мушкетова, Правая Мушкетова и Останцовая. Последняя речка берёт своё начало от ручьёв, образующихся при таянии северо-восточного отрога ледника Мушкетова. Остальные реки образуются из талых вод крупных снежников и подвергаются большему воздействию биологических (орнитогенных) загрязнений по сравнению с речкой из талых вод ледника. Поэтому микробиота рек отражает экологическое состояние исследуемой местности.

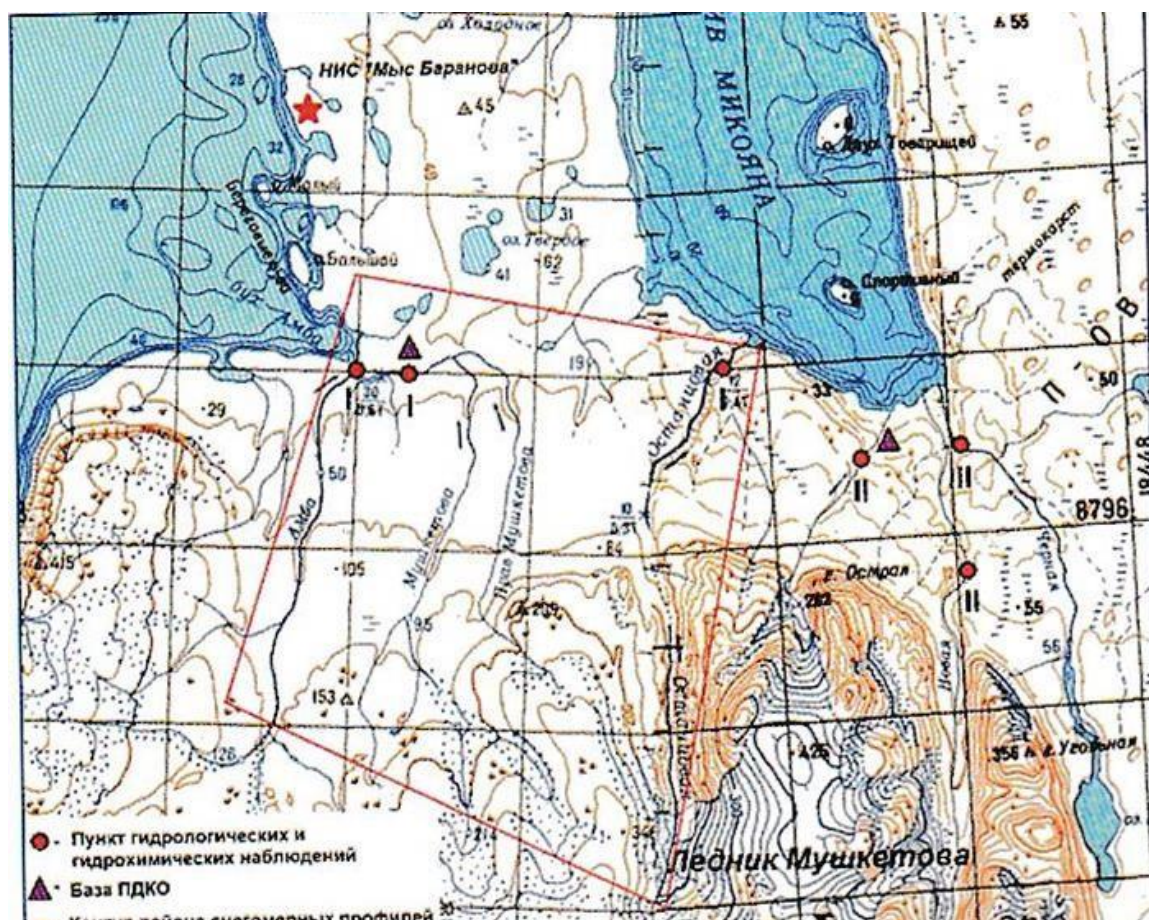


Рисунок 5 – Район микробиологических исследований на Северной Земле

Проводились отборы проб на территории и вокруг ледовой базы Мыс Баранова, которая расположена на небольшой площади одноимённого мыса в северной части острова Большевик напротив пролива Шокальского и простирается на север в непокрытой льдом низменности к западу от устья залива Микояна. Эта территория подвергается заметному антропогенному

воздействию в связи с функционированием круглогодичной научно-исследовательской станции – Ледовая база Мыс Баранова.

В пробах, собранных на Северной Земле, во всех видах биоценоза преобладали представители рода *Pseudomonas* (табл. 7, рис. 6).

Таблица 7

Распределение микробиоты из района микробиологических исследований на острове Большевик архипелага Северная Земля по видам биоценоза

№ п/ п	Бактерии (семейство)	Количество выделенных штаммов бактерий					
		Естественный биоценоз		В условиях антропогенного загрязнения		В условиях орнитогенного загрязнения	
		Абсолютное число	Доля (%)	Абсолютное число	Доля (%)	Абсолютное число	Доля (%)
1	<i>Yersiniaceae</i>	3	7,7	0	0	1	7,1
2	<i>Moraxellaceae</i>	1	2,6	0	0	1	7,1
3	<i>Pseudomonadaceae</i>	20	51,3	1	25,0	6	42,9
4	<i>Nocardiaceae</i>	6	15,4	1	25,0	1	7,1
5	<i>Alcaligenaceae</i>	2	5,1	1	25,0	1	7,1
6	<i>Bacillaceae</i>	2	5,1	0	0	2	14,3
7	<i>Carnobacteriaceae</i>	1	2,6	0	0	0	0
8	<i>Xanthomonadaceae</i>	1	2,6	0	0	0	0
9	<i>Erwiniaceae</i>	1	2,6	0	0	1	7,1
10	<i>Micrococcaceae</i>	0	0	1	25,0	0	0
11	<i>Paenibacillaceae</i>	2	5,1	0	0	1	7,1

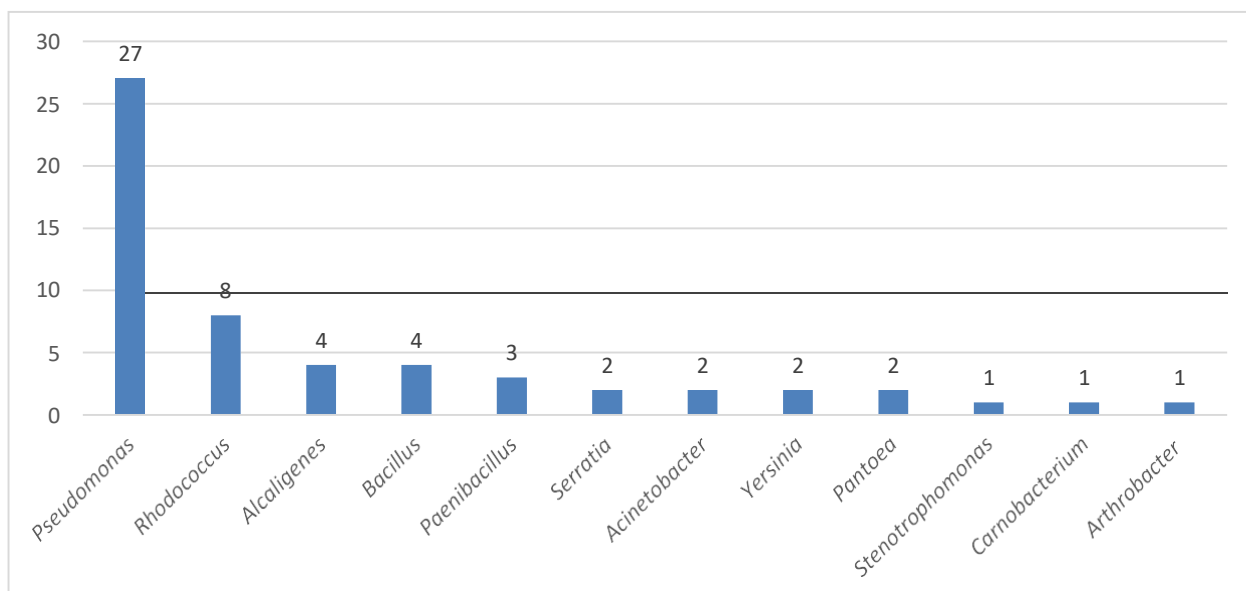


Рисунок 6 – Количество выделенных штаммов различных родов бактерий в пробах окружающей среды острова Большевик архипелага Северная Земля

В пробах, собранных на Северной Земле, необходимо отметить бактерии родов *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Serratia*, а также *Y. intermedia* в качестве бактерий, имеющих наибольшее медицинское значение. Полученные результаты показывают большое количество свободноживущих бактерий, часть из которых относятся к числу возбудителей ИСМП.

3.3.2. Роль антропогенного и орнитогенного фактора в формировании бактериального представительства в окружающей среде региона

Арктику необходимо рассматривать как область Земли, где изменения климата происходит особенно быстро. Вследствие глобального потепления климата, а также социально-геополитических изменений (восстановление инфраструктуры военных баз, создание вахтовых посёлков по добыче полезных ископаемых, увеличения интенсивности миграционных процессов и туризма) происходит быстрая эволюция возбудителей инфекционных заболеваний в Арктическом регионе, которые импортируются в новые экологические ниши. Состав и численность бактерий взаимно влияют на качество жизни людей на полярных объектах и условия существования животного мира и связанной с ним микробиоты. Несмотря на кажущееся

разнообразии бактерий в Арктике, наши исследования показывают неравномерное их распределение в наземных экосистемах. Так, в пустынных внутриконтинентальных районах они встречаются более редко. Их количество заметно возрастает на прибрежных территориях с более теплым и влажным климатом, вблизи колоний животных и птиц, особенно в районах антропогенного влияния.

Микробиота в арктическом регионе планеты формируется различными путями. Микроорганизмы распространяются с воздушными потоками на значительные расстояния, их расселению способствуют животные и птицы. Однако антропогенный фактор является одним из определяющих в формировании нового, необычного состава и структуры микробиоты.

Из 8 проб воды поверхностных водоемов и водотоков, включая с расположенными в ней ЦБМ, находящихся под отрицательным антропогенным воздействием выделено 28 видов, в основном условно-патогенных бактерий: *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas sp.*, *Acinetobacter calcoaceticus u pittii*, *Yersinia intermedia*. Примечателен факт обнаружения в пробах воды и в ЦБМ из озера г. Гренфиордфьеллет на высоте 127 м *Yersinia intermedia*, *Acinetobacter sp.(calcoaceticus/pittii)* *Staphylococcus epidermidis u pasteurii*; из осадка в старой трубе канализационной системы свинарника посёлка Баренцбург изолированы *Yersinia intermedia* и *Pseudomonas sp.*

Необычный результат получен из пробы снега красного цвета, где выделены *Acinetobacter calcoaceticus u pittii*, *Acinetobacter sp.*, *Carnobacterium maltaromaticum* – грампозитивная бактерия. У этих бактерий отсутствует пигмент, придавший снегу красный оттенок, как у некоторых видов серраций. Химическое вещество тоже могло изменить цвет. Вероятно, что на бактерии, имеющие медицинское значение, пагубно действуют токсические химические вещества из угольной шахты? Поэтому становится понятно почему этих бактерий в Антарктиде значительно больше и видовой состав их разнообразней, чем в Арктике. Вероятно, что такое объяснение допустимо и при сравнении антропогенных и естественных (в «чистой» природной

местности) проб. Видимо, поэтому кишечная палочка с другими энтеробактериями выделялись реже. Всё же в антропогенном материале на территории угольных разработок в луже талой воды обнаружены ЦБМ в большом количестве. Из них выделены *Enterobacter cloacae* и *Pseudomonas sp.*

Дикие перелётные и мигрирующие птицы беспрепятственно пересекают огромные расстояния и многочисленные государственные границы. Поэтому для санитарно-эпидемиологической безопасности страны необходимо изучать и мониторировать роль пернатых в формировании микробиологического представительства в полярных регионах Земли. Было изучено 63 пробы, доставленных из орнитогенных местообитаний (Табл. 8).

Таблица 8

Виды образцов, собранных из орнитогенных местообитаний

Источник биоматериала	Количество проб
Почва гнездований, помёт и другие биосубстраты гнёзд	44
Вода с перьями и другими орнитогенными включениями	2
Цианобактериальные маты с орнитогенными включениями	3
Погадки хищных птиц	3
Птичьи яйца	6
Останки пернатых	4
Итого:	63

Так в 8 пробах помёта белошекой казарки (*Branta leucopsis*), собранного в районе её гнездования в устье реки Грендален было выделено 15 штаммов бактерий: 3 *Enterococcus faecalis*, 4 *Enterobacter cloacae*, 5 разновидностей *Pseudomonas sp.*, *Carnobacterium maltaromaticum* (гр+) и *Acinetobacter calcoaceticus*. В одной из этих проб в качестве примера ассоциаций бактерий выделено 5 видов бактерий: *Acinetobacter calcoaceticus*, *Bacillus pumilus*, *Enterococcus faecalis* и *Pantoea agglomerans*. В пробе ЦБМ красно-бурого цвета со следами помёта и включениями перьев в мелком ручейке,

впадающего в устье реки Грендален выделены *Yersinia intermedia* и *Pseudomonas sp.* В пробе помёта чаек с побережья Исфиорда обнаружены *Serratia foticola*, *Bacillus cereus*, *Acinetobacter sp.* Во 2 пробе при помощи определения по гомологии последовательностей фрагментов гена 16S рРНК был идентифицирован *Staphylococcus nepalensis*. В 3 пробе из погадки неизвестной птицы получен рост ассоциаций *Acinetobacter calcoaceticus*, *Pseudomonas sp.*, *Carnobacterium maltaromaticum* и *Staphylococcus hominis*.

В устье реки Грендален в 5 пробах помёта белошекой казарки (*Branta leucopsis*) обнаружены: по 2 штамма *Enterococcus faecalis* и *Enterobacter cloacae*, *Acinetobacter calcoaceticus*, *Escherichia coli* *Acinetobacter johnsonii*, *Pseudomonas sp.*, *Aerococcus viridans*, *Staphylococcus vitulinus* и *Bacillus cereus*.

В останках 2 чайках-бургомистрах (*Larus hyperboreus*) с побережья Исфиорда выделены по 1 штамму *Enterobacter cloacae* и *Carnobacterium maltaromaticum*. В погадке чайки с побережья Гренфиорда получен рост *Pseudomonas sp.* В данной местности в 4 пробах помёта белошекой казарки изолировано 11 штаммов: 3 *Enterobacter cloacae*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, 2 *Pseudomonas sp.* *Pseudomonas stutzeri*, *Aerococcus viridans*, *Carnobacterium maltaromaticum*, *Staphylococcus warneri*.

У верховья ручья Ирадален, на 235 м над уровнем моря в останках морского песочника (*Calidris maritima*) получен рост *Acinetobacter johnsonii* и *Enterococcus faecalis*. Там же из помёта – *Escherichia coli* и *Staphylococcus sciuri*. На побережье Гренфиорда в 2-х пробах помёта моевки (*Rissa tridactyla*) на птичьем базаре выделили *Enterobacter cloacae* и *Escherichia coli*. Там же в скорлупе яиц моевки – *Enterococcus faecalis* и *Escherichia coli*.

В мореном комплексе Гренфиорда у озера Бретьерна в помёте и на скорлупе арктических гусей (*Anser*) были обнаружены *Enterococcus faecalis* и *Enterobacter cloacae*. На скорлупе яйца тундровой куропатки (*Lagopus mutus*) получены *Pseudomonas sp.*, *Clostridium tertium* и *Aerococcus viridans*.

В долине реки Грендален в субстрате из гнезда пуночки (*Plectrophenax nivalis*) обнаружена ассоциация из *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli* и

Pseudomonas stutzeri. На побережье Исфьорда в 5 пробах помёта крупных чаек выделено 12 штаммов: 3 *Enterococcus faecalis*, *Enterobacter cloacae*, по 2 *Acinetobacter calcoaceticus* и *Stenotrophomonas maltophilia*, *Acinetobacter sp.*, *Pseudomonas sp.* и *Aerococcus viridans*.

В окрестности Баренцбурга в 5 пробах помёта гуменника короткоклювого (*Anser brachyrhynchus*) обнаружено 12 штаммов: *Enterobacter cloacae*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*, по 2 культуры *Escherichia coli* и *Pseudomonas sp.*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Stenotrophomonas rhizophila*, *Arthrobacter sp.*, *Acinetobacter sp.*, *Paenibacillus amylolyticus*. В 6 пробах содержимого их гнёзд получен рост 13 штаммов: *Acinetobacter calcoaceticus*, *Acinetobacter johnsonii*, по 2 культуры *Enterococcus faecium* и *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas sp.*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Lysinibacillus sp.*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus equorum*, *Staphylococcus sp.* На 2 пробах со скорлупы яйца гуменника короткоклювого обнаружено *Enterococcus faecalis* и *Acinetobacter sp.* В подскорлуповой оболочке яйца этого вида пернатого обнаружена представительная ассоциация из 5 бактерий: *Enterococcus faecalis*, *Enterobacter cloacae*, *Aerococcus viridans*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Acinetobacter sp.* В районе посёлка Грумант в заброшенном здании в 2 пробах из содержимого гнезда моевки после проведения секвенирования определён редкий вид из многочисленного рода бацилл *Bacillus beringensis*, а в её помёте высеяны *Staphylococcus equorum*.

В пробе почвы под птичьим базаром получен рост *Enterococcus faecalis*. В останках птенца пуночки в горном массиве Колесбухта у домика-музея В.А. Русанова выделены *Enterobacter cloacae*. В пос. Баренцбург в помёте морского песочника после проведения секвенирования определены *Plantibacter sp.*

В условиях Арктики ЦБМ представлены в меньшем количестве и не так заметны, как в Антарктиде. Однако учитывая положительный опыт изучения их микробиоты на Юге – были продолжены работы и на Севере планеты Земля.

3.3.3. Цианобактериальные маты, как дополнительный индикатор антропогенного и биологического загрязнения окружающей среды

Арктики

В условиях холодных пустынь Антарктики ЦБМ являются универсальным биологическим индикатором антропогенно-орнитогенного загрязнения природной среды, как накопитель этих включений в условиях очищающего воздействия на местность сильнейших и постоянных стоковых ветров с купола Антарктиды в сторону океанов. Напротив, в обстановке Арктики, где более мягкий климат и разнонаправленные ветра, большее разнообразие биологического мира – ЦБМ нами рассматриваются, как дополнительный биологический индикатор антропогенного и биологического загрязнения окружающей среды. Полученные результаты подтверждают данный вывод. Так, в пробах ЦБМ оранжевого цвета в воде озера на острове Западный Шпицберген в прибрежной зоне Грен-фьорда, выделены *Acinetobacter calcoaceticus*, *Aeromonas* sp. и *Pseudomonas* sp., а в матах оранжевого цвета в русле временного водотока обнаружены *Yersinia intermedia* и 2 разновидности *Pseudomonas* sp. В орнитогенном материале (ЦБМ красно-бурого цвета имелись многочисленные перья птиц) из устья реки Грендален были выделены *Yersinia intermedia* и *Pseudomonas* sp.

В пробе речного осадка с ЦБМ ржаво-бурого цвета реки Улаф выделены *Pseudomonas* sp., *Enterococcus faecalis*, *Carnobacterium maltaromaticum*, *Paenibacillus amylolyticus*, *Aerococcus viridans*, как ассоциация из 5 сочленов. На поверхностных ЦБМ реки Улаф обнаружены *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, как пример обнаружения кишечной группы микроорганизмов.

В 3 ЦБМ из водопада реки на побережье Гренфиорда обнаружены в 1 пробе *Enterobacter cloacae*, *Acinetobacter* sp., *Pseudomonas* sp. и *Staphylococcus warneri*. Во 2 пробе – *Enterococcus faecalis* и в 3: *Pseudomonas* sp. и *Carnobacterium maltaromaticum*. В ЦБМ во временном водотоке выделена *Enterobacter cloacae*. На западном берегу Гренфиорда в озере с талой водой получена ассоциация *Enterococcus casseliflavus* и *Staphylococcus warneri*. Эти

грамположительные кокки интересны как симбионты ЦБМ, а *Enterococcus faecalis* (в 90—95 %) и *Enterococcus faecium* (в 5—10 %) являются основными симбиотическими организмами кишечника человека. Иногда они образуют кластеры с *Enterococcus casseliflavus* и *Enterococcus raffinosus*.

В 2 антропогенных пробах ЦБМ из луж под старой оранжереей посёлка Баренцбург обнаружены: *Acinetobacter calcoaceticus*, *Enterobacter cloacae* и *Bacillus cereus*. Во 2 пробе только – *Bacillus licheniformis*. Это грамположительные, мезофильные вегетативные бактерии, видимо, выживают в суровых арктических условиях благодаря ассоциации с ЦБМ. *Bacillus licheniformis* обыкновенно встречается в почве. Данная бацилла часто обнаруживается на перьях птиц, особенно на груди и оперении спины у наземных и водных видов пернатых.

При дальнейших исследованиях арктических ЦБМ надо учитывать географическую зональность, которая разработана крайне слабо. Видимо в зонах полярных пустынь местообитание матов будет идентично оазисам VI континента. В поясах арктической тундры, типичной тундры и южной тундры интегральные показатели численности площадей, занимаемой ЦБМ и находящейся в ней микробиоты, видимо, будут значительно варьировать.

Завершая рассмотрение роли ЦБМ, как потенциального накопителя микробиоты в естественных полярных условиях необходимо обсудить современные тенденции в циркуляции бактерий и микромицетов за время проведения мониторинговых работ.

Глава IV. Динамика изменения состава микробных сообществ полярных регионов под влиянием естественных условий и антропогенного фактора

4.1. Изменение видового разнообразия и таксономической структуры микробных сообществ Антарктиды в период с 2011 по 2019 гг.

В результате микробиологических обследований на прибрежных территориях в районах расположения объектов РАЭ за последние 20 лет зафиксировано увеличение количества бактерий в 1,5-3 раза в единице объема грунта. Обычно проводились определения общего микробного числа бактерий в объеме субстрата для целей санитарно-гигиенического и экологического контроля. Только, начиная с сезонных работ 50 РАЭ (2004-2005), начался этап изучения видового разнообразия бактериальной составляющей, с семейства *Yersiniaceae*, как психрофильного и пластичного представителя полярной микробиоты, имеющего важное эпидемиологическое значение. При этом было обнаружено большое количество непатогенных и условно-патогенных бактерий по методикам выделения психрофилов. Наибольший рост видового разнообразия отмечался в пробах естественного биоценоза и орнитогенного происхождения. Этот факт имеет объективные причины: поскольку географические ареалы видов животных и микроорганизмов естественным образом колеблются в пространстве и времени, то климатические изменения вызывают массовые перемещения таксонов на новые территории. Так, из проб, отобранных в Антарктиде в 2011 г., выделено 46 видов, а в 2019 г. – уже 55 видов, имеющих медицинское значение.

Другая возможность расширения ареала распространения микробов – изменение путей и характера сезонных переселений птиц (кочующих и перелётных). Полёты тонкоклювого буревестника (*Puffinus tenuirostris*) с районов Антарктики до Арктики и обратно – можно добавить в классификацию определением – «далеко перелётных». Так же на расстояния 15-20 тыс. км летают странствующие альбатросы (*Diomedea exulans*). Общеизвестно, что им характерен одиночный образ жизни. Однако был свидетелем редкого явления – скопления нескольких десятков альбатросов рядом с НЭС «Академик Федоров», команда которого проводила суточные гидрологические работы. Они часами плавали у судна, поедая угощения людей. А также наблюдал изменения в поведенческих предпочтениях оседлых птиц (поморников), что было зафиксировано в районах вокруг объектов РАЭ. Это – круглогодичное питание на свалках пищевых отходов и сезонное – в период появления птенцов пингвинов, когда происходит расселение антропогенных видов микробиоты на значительные расстояния. Как пример – выделение в 56 РАЭ *Shigella dysenteriae* на острове Хасуэлл в 3 км от станции Мирный. Объяснение данного феномена нашли в статье К.А. Hughes «Долгосрочное выживание фекальных микроорганизмов человека на Антарктическом полуострове» [170].

4.2. Изменение видового разнообразия и таксономической структуры микробных сообществ Арктики в период с 2011 по 2019 гг.

Анализ выделения микроорганизмов проводился в динамике и указывал на неблагоприятную тенденцию. Источники бактериальной микробиоты были условно разделены на 3 группы: 1). Все группы микробов. В первый период выделено 46 видов из 9 семейств. Во второй период 55 видов из 13 семейств. Увеличение превысило в 0,8 и 1,4 раза соответственно. 2). От птиц, рыб и млекопитающих изолировано в первый период 21 вид из 5 семейств. Во второй

период – 48 видов из 11 семейств. Увеличение превысило в 2,3 и 2,2 раза. 3). Объекты окружающей среды. Во время научных экспедиций из проб, отобранных на Шпицбергене в 2010-2011 гг. из этих объектов было выделено 25 видов бактерий из 8 семейств, а в 2018-2019 гг. – уже 64 вида из 13 семейств. Увеличение превысило в 2,6 и 1,6 раза. Поскольку основным резервуаром микроорганизмов в природных условиях является почва, то приоритетным является её изучение в местах обитания птиц, которые зачастую приближены к поселениям людей. Значительное количество и разнообразие бактерий (138 штаммов, принадлежащих к 42 видам бактерий), выделенных из образцов орнитогенного биоценоза на Шпицбергене и Северной Земле, подтверждают это предположение. Причем наибольший рост видового разнообразия отмечается в пробах естественного биоценоза и орнитогенного происхождения. Полученные данные подтверждают объективные причины: поскольку географические ареалы видов животных и микроорганизмов естественным образом колеблются в пространстве и времени, то климатические изменения вызывают массовые перемещения таксонов на новые территории. Другим возможным основанием расширения ареала распространения микроорганизмов является изменение путей миграции птиц, которые их переносят, что видно по орнитогенным находкам.

Наибольшее значение в условиях холодного арктического климата имеют психрофильные микроорганизмы, возбудители сапрозоонозов. Важным их представителем являются бактерии из семейства *Yersiniaceae* рода *Yersinia*. Так, нахождение штаммов *Y. intermedia* во всех видах изучаемого биоценоза на архипелагах Шпицберген и Северная Земля указывает на вероятность инфицирования людей. Известно, что этот вид микроорганизмов ассоциирован не только с развитием диарейных заболеваний у детей, но также может быть опасным для всего населения, находящегося в условиях длительного холодового стресса, неустойчивого водопроводно-канализационного обеспечения, сниженного внимания к санитарно-гигиеническому состоянию жилых помещений и объектов питания.

Особенное беспокойство вызывает факт нахождения *Y. intermedia* в воде источников водоснабжения населения в полярных условиях.

Кроме того, ранее изученные возможности ряда выделенных бактерий из рода *Serratia* из семейства *Yersiniaceae* к адаптации в условиях низких температур, наличие у них факторов патогенности, в том числе способности к образованию биопленок, способствуют их распространению и закреплению в объектах окружающей среды вплоть до образования природных очагов, что характерно для возбудителей сапрозоонозов. Все штаммы изолированных нами серраций были выделены из воды, цианобактериальных матов и орнитогенных останков, найденных вблизи жилищ населения, что представляет опасность в плане распространения не только самих бактерий, но и детерминант вирулентности и резистентности к антибиотикам среди представителей разных видов.

Итак, наличие *Y. intermedia* и иных представителей семейства *Yersiniaceae*, а также других бактерий, в том числе возбудителей сапрозоонозов, имеющих медицинское и эпидемиологическое значение, во всех видах биоценозов указывает на вероятность инфицирования жителей полярных поселений. Данные лица находятся в экстремальных условиях длительного холодого стресса, отрицательного воздействия чередования полярной ночи и дня, геомагнитных воздействий, колебаний атмосферного давления и прочих негативных влияний, что приводит к снижению иммунитета с возможностью заражения условно-патогенной микрофлорой. Среди 26 известных представителей рода *Yersinia* из семейства *Yersiniaceae* подавляющее число относится к данным бактериям. Поэтому так актуально их изучение в высоких широтах.

Глава V. Семейство *Yersiniaceae* как представители индикаторных микроорганизмов в условиях низких температур и повышенной влажности объектов окружающей среды

5.1. Особенности выявления представителей семейства *Yersiniaceae* Антарктики и Арктики

Исходя из олиготрофности и психрофильности иерсиний, как характерной особенности данного рода бактерий, входящих в семейство *Yersiniaceae*, мною впервые предложен их поиск при изучении полярной микробиоты в ходе подготовки к 50 РАЭ и согласовании Программы работ, где были указаны данные исследования в Антарктиде. Реализация данного предложения потребовало изменение обычного материально-технического обеспечения подготовки к проведению экспедиционных бактериологических исследований – закупку дополнительных специфических сред и оборудования с учётом особенностей выделения иерсиний из объектов окружающей среды: для холодого обогащения – холодильник и для инкубации посевов при 26° градусов – термостат. Использовались специфические «голодные» среды, в том числе дифференциально-диагностическая среда с бромтимоловым синим (СБТС), дополнительная посуда для многоэтапного выделения иерсиний, реактивы для щелочной обработки сильно загрязнённых проб.

Предыдущие санитарно-бактериологические исследования были нацелены на поиски негативных антропогенных факторов воздействия на уязвимую природу в районах полярных поселений. Администрация ААНИИ поставила мне основную задачу в Программе работ – составление Санитарных паспортов на все прибрежные объекты РАЭ и проведение бактериологического анализа питьевой воды по нормируемым параметрам. На факультативные программы исследований оставалось исключительно мало времени. Несмотря на отсутствие нахождения иерсиний в ходе 50 РАЭ было изолировано 25 видов и родов бактерий из 7 семейств, которые были получены по методам выделения иерсиний. Данные результаты могут указывать на

возможные свойства психрофильности (психротолерантности) и позволяют отнести их к сапрофитам, часть которых имеют медицинское значение.

Гипотеза о возможности нахождения олиготрофных и психрофильных иерсиний на территории прибрежной Антарктиды, подтверждена на острове Хасуэлл в период сезона 52 РАЭ (2008 г.). В орнитогенных пробах при посеве материала на СБТС были обнаружены 15 штаммов *Yersinia enterocolitica*. Использование ПЦР позволило в 6 из 15 штаммов (40%) обнаружить факторы патогенности. Для подтверждения гипотезы о пребывании иерсиний и других сапрозоонозов на прибрежных объектах предприняты широкомасштабные поисковые работы в период 56 РАЭ. В орнитогенных пробах с о-ва Хасуэлл при использовании ПЦР обнаружены следующих иерсиний: *Y. enterocolitica* в 4 пробах, в 2 пробах *Y. aldovae* и *Y. kristensenii* без факторов вирулентности.

Следующим представителем семейства *Yersiniaceae* являлись многочисленные и часто встречаемые виды рода *Serratia*. В 56 РАЭ из 19 известных сейчас видов удалось получить 4 разновидности: *S. liquefaciens* – 14 штаммов, *S. plymuthica* – 2 шт., *S. grimesii* – 7 шт., *S. marcescens* – 2 шт. (Приложение 1). Пока большинство серраций относятся к сапрофитам. При исследовании материалов 63 РАЭ в орнитогенных пробах выделено *Serratia fonticola*, впервые выделенным в наших исследованиях видом представителей серраций в Антарктиде, 5 штаммов сине-фиолетового цвета колонии *S. marcescens*, *S. plymuthica* (1 шт.), *Serratia liquefaciens* (1 шт.).

Уникальным представителем семейства *Yersiniaceae* является *Ewingella americana* – единственный вид из малоизученного рода *Ewingella*. Всего изолировано 2 штамма из орнитогенного материала – в пробе кишечника мертвого птенца снежного буревестника и в погадках хищных птиц.

Особенности выявления представителей семейства *Yersiniaceae* в Арктике. При исследовании материала с архипелага Шпицберген были выделены 5 штаммов *Yersinia intermedia* (3 в ЦБМ и 2 в воде) и 2 штамма *Serratia fonticola* в помёте птиц. Распределение представителей этого семейства, выделенных в районе исследований на острове Большевик

архипелага Северная Земля: 2 штамма *Yersinia intermedia* в воде рек, 2 штамма рода *Serratia* – *S. liquefaciens* и *S. fonticola* изолирована из почвы.

Итак, на апрель 2021 года в семейство *Yersiniaceae* включают 8 валидных родов бактерий. Из них в высоких широтах выделены *Yersinia*, *Serratia* и *Ewingella* (37,5 %). Остальные роды малоизучены и, как правило, не имеют медицинского значения. Сравнивать находки на двух полюсах не корректно из-за значительного перевеса доли проведённых исследований на территории Антарктиды по сравнению с арктическими обследованиями. Вместе с тем нахождение трети представителей семейства *Yersiniaceae* в составе полярной микробиоты может указывать не только на их генетическое родство, но и на экологическую общность с явлениями психрофильности и/или психротолерантности с вероятным отношением их к возбудителям сапрозоонозов с эпидемиологической и эпизоотологической значимостью.

При исследовании возбудителей сапрозоонозов использовал опыт изучения и работы с иерсиниями в период службы в Вооруженных Силах.

5.2. Биоразнообразие и клинико-эпидемиологическая значимость иерсиниозов на примере ретроспективного изучения выделенных в динамике видов иерсиний зоны ответственности 964 СЭО и 1410 ЦГСЭН МО на территории Ленинградского гарнизона

В Ленинградский гарнизон прибыл в 1992 г. с должности начальника окружной 520 Вирусной лаборатории в г. Ташкенте. Служил в СЭО ЛенВМБ, который был реформирован в 2001 г. в ЦГСЭН МО. Центр осуществлял санитарно-эпидемиологический надзор за выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий на кораблях, в частях, военно-морских учебных заведениях, предприятиях, учреждениях в зоне ответственности. После сокращения СЭО ПВО в 1997 г. данная зона была расширена на весь Севера-Запад РФ. Основанием для проведения исследований в организованных коллективах МО РФ являлась Программа медико-биологических исследований «Мониторинг за иерсиниозами в

организованных коллективах зоны ответственности 1410 ЦГСЭН». Обоснованием данной Программа являлись требования Начальника Главного военно-медицинского управления МО РФ №161/766 от 25.08.06г. «О профилактике случаев групповой заболеваемости военнослужащих ОКИ и псевдотуберкулезом». В качестве исходных данных использовался архивный материал СЭО (ЦГСЭН) МО. Методологической основой научной работы были Методические указания МУ 3.1.1.2438-09 «Эпидемиологический надзор и профилактика псевдотуберкулеза и кишечного иерсиниоза» (Москва, 2009), в их составлении принимал участие вместе с сотрудниками Референт-центра по мониторингу за иерсиниозами в РФ при НИИЭМ им. Пастера. Основные данные исследований и идентификацию полученных штаммов иерсиний в зоне ответственности ЦГСЭН МО перепроверялись в данном Центре.

5.2.1. Состояние заболеваемости личного состава зоны ответственности СЭО-ЦГСЭН МО на территории Ленинградского гарнизона

Медико-географическая характеристика Северо-Запада России соответствует холодному и влажному климату с постоянными резкими перепадами температуры, что создаёт благоприятные условия для сохранения и накопления возбудителей иерсиниозов и других сапрозоонозов в окружающей среде за счёт психрофильных и иных адаптационных свойств. Изменение климата в сторону потепления и повышения влажности, социально-экономические трансформации приводят к изменению экологии микробов вплоть до замены ведущих возбудителей иерсиниозов на других, мало изученных иерсиний, появлению новых подвидов бактерий с измененными генетическими и биологическими свойствами, находящимися в неактивном состоянии. Физико-химические параметры окружающей среды оказывают влияние на экспрессию их вирулентных свойств.

При проведении бактериологического и эпидемиологического мониторинга за возбудителями иерсиниозов в зоне ответственности СЭО-ЦГСЭН прослеживается идентичная ситуация по заболеваемости личного

состава псевдотуберкулёзом и кишечным иерсиниозом и выделением иерсиний у больных военнослужащих (Приложение 3). Так с 1979 по 1983 гг.

отмечалось преобладание групповой заболеваемости псевдотуберкулезной инфекцией с поражением 2-3 организованных коллективов. Например, в мае 1979 г. только в Высшем военно-морском училище подводного плавания имени Ленинского комсомола (Лермонтовский пр., 57) за время одного инкубационного периода заболело 45 курсантов, что составило 64,3% от числа заболевших военнослужащих Ленинградского гарнизона в том году. За последующие пять лет (1984-1988 гг.) заболеваемость в зоне ответственности СЭО снизилась в 5.5 раз. Число лиц, выявленных при групповой заболеваемости уменьшилось с 20-30 человек до 3-5 военнослужащих. В эти годы стала доминировать спорадическая заболеваемость. В последующий пятилетний период с 1989 по 1993 гг. заболеваемость псевдотуберкулёзом снизилась в 2 раза. Вспышки не регистрировались. В последующем отмечались лишь одиночные случаи заболеваний псевдотуберкулезной инфекцией. Госпитализированные военнослужащие указывали на возможное заражение при употреблении пищи за пределами организованного коллектива.

По возрастной характеристике отмечалось значительное преобладание случаев псевдотуберкулёзной инфекции среди курсантов ВВМУЗов, кадетов и нахимовцев. Чаще всего болели курсанты младших курсов Военно-морского инженерного института (Адмиралтейская площадка – бывшее Военно-морское инженерное училище имени Ф.Э. Дзержинского). Личный состав второй площадки ВМИИ – в городе Пушкине (Царском селе) болел значительно реже. Единичные случаи псевдотуберкулёза зафиксированы в Военно-Морском институте радиоэлектроники (ВВМУРЭ им. А.С. Попова) в Петродворце-4, ул. Разводная, д. 15. Такая же картина была отмечена в Морском корпусе Петра Великого – СПб Военно-морском институте на набережного Лейтенанта Шмидта, д. 17, объединившего Высшее Военно-морское училище им. М.В. Фрунзе и Высшее Военно-морское училище подводного плавания им. Ленинского комсомола. Последняя вспышка

псевдотуберкулёза на территории зоны ответственности СЭО-ЦГСЭН отмечена в октябре 1991 г. в войсковой части 36 905. Заболело 19 военнослужащих. Из них у 9 лиц удалось изолировать *Y. pseudotuberculosis*.

Особое беспокойство вызывала высокая заболеваемость среди кадетов города Кронштадта и учащихся СПб Нахимовского военно-морского училища (СПб НВМУ) на Петроградской набережной, д. 2/4. Так в марте 1983 г. на фоне массового выделения *Y. pseudotuberculosis* с овощной продукции на складе училища (всего было изолировано 20 штаммов) среди нахимовцев была крупная вспышка псевдотуберкулёза. Заболело 123 воспитанника. Из их числа удалось выделить 34 штамма *Y. pseudotuberculosis*. Количество заболевших в этой вспышке составило 55,8% от всех заболевших в 1983 г. военнослужащих зоны ответственности СЭО-ЦГСЭН.

Наряду со спорадической заболеваемостью у этой возрастной категории, даже в последние годы, отмечались групповые случаи заболеваемости псевдотуберкулёзом (в СПб НВМУ в мае 2006 г. – 2 случая среди учащихся младших курсов, в марте 2007 г – 3 и в мае – 2 заболевших). Данная заболеваемость нахимовцев сочеталась с изоляцией нескольких видов иерсиний, в том числе и *Y. pseudotuberculosis* с овощной продукции, отобранной на складе училища. Случаи псевдотуберкулёзной инфекции среди нахимовцев и кадетов соответствует всероссийским данным о преобладании заболеваемости среди юношеского возраста. Обследование, проведённое в этом организованном коллективе, позволило установить наличие локального антропоургического очага с активной циркуляцией иерсиний псевдотуберкулёза в военном городке училища. Данный вывод подтверждается наличием в СПб НВМУ периодически повторяющихся вспышек иерсиниозом со значительным числом больных псевдотуберкулёзом, выделение *Y. pseudotuberculosis* из овощной продукции, присутствие грызунов на овощном складе. А также выделение у последних возбудителей иерсиниозов (*Y. enterocolitica*, *Y. kristensenii*, *Y. frederiksenii*, *Y. pseudotuberculosis*). Необходимо отметить факт циркулирования в данных

очагах и другие иерсинии. Так в описанной вспышке в марте 1983 г. наряду с 20 штаммами *Y. pseudotuberculosis*, изолированными на овощном складе нахимовского училища, были выделены 11 штаммов *Y. enterocolitica* и 2 культуры *Y. kristensenii*. Видимо, диагноз «Псевдотуберкулёз» принижал возможность поиска других иерсиний, что могло сказаться на низком уровне подтверждений при диагностике заболеваний кишечным иерсиниозом и низкую высеваемость от больных *Y. enterocolitica*.

Наличие антропургического очага на территории СПб НВМУ способствовало поиску природных очагов иерсиниозов в местах расположения летних учебных подразделений в лесной зоне. Эпизоотологические исследования проводились в плановом порядке и по эпидпоказаниям в природных и антропургических очагах иерсиниозов по стандартной методике. Грызунов отлавливали давилками Геро на приманку «хлеб с растительным маслом» в природных биотопах, на территории военных городков и детских оздоровительных учреждений зоны ответственности СЭО-ЦГСЭН. Были примеры работы в очаге туляремии с получением штаммов иерсиний. Так в декабре 1984 г. в районе Больших раковых озёр изолировали в воде 15 штаммов *Francisella tularensis*, а от рыжей полёвки одновременно удалось получить одну культуру *Y. enterocolitica*.

Заболеваемость кишечным иерсиниозом за рассматриваемый период с 1979 по 1983 гг. носила спорадический характер. За последующие пять лет 2 года прошли без регистрации данной патологии, и только в июне 1987 года в 196 ОРСВГ заболело 21 военнослужащий. Причём у двоих заболевших наряду с *Y. enterocolitica* были изолированы 2 штамма *Y. frederiksenii*. В 1991 году в в/ч 69704 на фоне слабо выраженных диспепсических проявлений из зева 4 лиц изолирована *Y. enterocolitica*. В последующие годы фиксировалась только спорадическая заболеваемость кишечным иерсиниозом.

Всего проведено рассмотрение 117 историй болезни лиц с иерсиниозной инфекцией. В 56% диагноз направления на стационарное лечение не совпадал с окончательным диагнозом. В 69% историй исследовалась только одна

сыворотка больного. Парные сыворотки исследовались не всегда в оптимальные сроки. Достаточно умеренные цифры высеваемости иерсиний показывают сложность и длительность этиологической расшифровки, особенно спорадических случаев иерсиниозов, что повышает диагностическую важность серологического скрининга антител к возбудителям иерсиниозов.

Особенно часто встречаются ошибки в диагностике при спорадической заболеваемости иерсиниозами. Это представляет проблему в связи с трудностями в установлении этиологии инфекции. Нередки случаи постановки больным иерсиниозами «терапевтических, хирургических, дерматологических» диагнозов из-за позднего их распознавания и как следствие несвоевременной госпитализации и неадекватному лечению лиц с иерсиниозной инфекцией.

5.2.2. Результаты бактериологических исследований проб от больных людей, животных и окружающей среды на иерсинии в зоне ответственности СЭО-ЦГСЭН

Мониторинговое наблюдение за микробным пейзажем иерсиний, изолированных на территории Ленинградского гарнизона были разделены на два периода: – с 1979 по 2001 гг. с 2003 по 2010 гг. На первом этапе отдел особо опасных инфекций (ОООИ) функционировал в составе СЭО (войсковая часть 09964). В отделе было 3 специалиста-бактериолога с большим опытом работы по выделению иерсиний, энтомолог и орнитолог, которые доставляли полевой материал на исследования. Рассмотрение результатов приведены в Приложении 3, где показаны результаты выделения штаммов иерсиний в ОООИ СЭО за 23 года. Всего с 1979 по 2001 гг. было выделено 1364 штамма иерсиний: – из клинического материала 338; – с объектов окружающей среды 942; – из полевого материала 83 и представлены 5 видами иерсиний: – *Y. pseudotuberculosis* 323; – *Y. enterocolitica* 784; *Y. intermedia* – 21; *Y. kristensenii* – 181; *Y. frederiksenii* – 56.

В этап с 2003 по 2010 гг., когда СЭО был расформирован и сформирован 1410 Центр Госсанэпиднадзора МО РФ. В его штате отсутствовал ООИИ. Все лабораторные отделы СЭО, где было 6 врачей-бактериологов реорганизованы в лабораторное отделение, где по штату был всего один врач-бактериолог. Мониторинговое наблюдение за иерсиниями были резко сокращены – полевые выезды не проводились, клинический материал не поступал в связи с переводом инфекционного отделения I Военно-морского госпиталя в штат 442 Окружного военно-клинического госпиталя. Из объектов контроля на иерсинии остались только смывы с овощей, фруктов и тары для их хранения. Из 143 штамма иерсиний выделены следующие виды: *Y. enterocolitica* – 84; *Y. kristensenii* – 39; *Y. frederiksenii* – 12; *Y. intermedia* – 6; *Y. pseudotuberculosis* – 2, *Y. aleksiciae* – 1 (Приложение 4).

Определение факторов патогенности и биохимическая характеристика штаммов иерсиний, выделенных в объектах окружающей среды за период с 2005 по 2010 гг показаны в Приложении 5. Основные биохимические, ферментативные свойства с определением подвижности бактерий рода *Yersinia* определялись по Приложению 6. Свидетельства о депонировании в Государственную коллекцию патогенных микроорганизмов III-IV групп патогенности ФГБУ «Научный центр экспертизы средств медицинского применения» Минздрава РФ 3 штамма: *Y. aleksiciae* №1311, *Y. intermedia* №1360, *Y. frederiksenii* №1366, выделенных из объектов внешней среды Ленинградского гарнизона представлены в Приложениях 7, 8, 9.

Результаты за анализируемые 2 периода работы СЭО-ЦГСЭ, по выше перечисленным причинам, резко отличаются и практически несопоставимы. География выделения штаммов иерсиний в отделении лабораторного контроля ЦГСЭН МО за 8 лет (с 2003 по 2011 гг.) проводилось при резком сокращении частей и учреждений ВМФ. При этом зона ответственности Центра была увеличена в связи с присоединением объединений и учебных заведений ПВО и ВВС Северо-Запада страны.

Кратко рассмотрим результаты микробиологического мониторинга на иерсинии из проб от больных людей, животных и из окружающей среды. Всего от больных лиц изолировано 7 штаммов иерсиний. В 2008 г. в СПб НВМУ заболело 2 нахимовца, у них были выделены *Y. enterocolitica* I биовар (I-A) и *Y. enterocolitica* II биовар.

В 31.01.2009 г. у заболевших 2 лиц изолированы 2 штамма *Y. pseudotuberculosis* с подтверждением в реакции агглютинации (РА) из в/ч 95041 (БПК «Вице-адмирал Кулаков»). При молекулярно-генетическом исследовании обнаружены детерминанты вирулентности патогенной иерсинии, выделенной от больных людей (см. Главу VII). У первого больного титр антител в РА в 1 сыворотке от 05.04.2009 г. составил 1:200; во 2 парной сыворотке от 19.04.2009 г. титр увеличился в 4 раза и составил 1:800. У второго больного диагноз подтвердился выделением штамма *Y. pseudotuberculosis*, которые были подтверждены в РА. Титр антител в РА в 1 сыворотке от 06.04.2009 г. составил 1:200; во 2 парной сыворотке от 22.04.09 титр увеличился в 8 раз и составил 1:1600. При исследовании овощей, отобранных на складе и на камбузе, в смывах с моркови обнаружена культура *Y. intermedia* и со свеклы *Y. enterocolitica* I биовар (I-A). Данный факт подтверждает наличие факторов, способствующих размножению и накоплению бактерий рода иерсинии, а также трудность выделения патогенных штаммов *Y. pseudotuberculosis* в окружающей среде.

В 2010 г. в СПб НВМУ заболели 2 нахимовца, у них был выделен штамм *Y. enterocolitica* IV (0:3). Парные сыворотки в реакции агглютинации дали отрицательные результаты.

Среди мелких млекопитающих, отловленных на территории военных летних городков и детских оздоровительных учреждений, были обследованы только грызуны. По данным результатов выделения штаммов иерсиний в зоне ответственности СЭО-ЦГСЭН, находящихся, в основном, на территории Ленинградской области, среди синантропных и диких мелких млекопитающих

(грызунов), можно сделать вывод, что в рассматриваемый период с 1979 по 2001 год эпизоотий на наблюдаемых территориях не наблюдалось.

Проводилось изучение характеристик циркулирующих штаммов *Y. enterocolitica* полученных от мелких млекопитающих в дикой природе. В основном иерсинии были выделены у бурозубки обыкновенной в количестве 20 штаммов и полевки рыжей – 12 штаммов. В то же время за 23 года мониторинга в мае 1993 года выделен всего один штамм *Y. pseudotuberculosis* от полевки рыжей в пионерском лагере «Ладожец».

Изучались характеристики циркулирующих штаммов иерсиний полученных от представителей синантропных грызунов. От крыс серых и полевок рыжих – отловленных в осенне-зимний период изолировались *Y. enterocolitica*: в 16 высевах у серых крыс и 35 штаммов у полевок рыжих. Всего изолирован 51 штамм иерсиний.

Необходимо отметить случай одновременной изоляции *Y. enterocolitica* у грызунов и в смывах овощей в феврале 1996 г. на территории войсковой части 87233 (г. Ломоносов). Обнаружение единственного совпадения одновременного выделения иерсиний у животных и овощей за время длительного мониторинга, доказывает малую причастность мелких млекопитающих в заражении продуктов питания на складах иерсиниями.

От синантропных грызунов выделено 84 штамма иерсиний: *Y. enterocolitica* – 54; *Y. kristensenii* – 20; *Y. frederiksenii* – 6, *Y. intermedia* – 3; *Y. pseudotuberculosis* – 1. При обследовании 5 диких птиц – *Y. enterocolitica*.

Таким образом, на территории зоны ответственности СЭО-ЦГСЭН был зафиксирован всего 1 антропоургический очаг с циркуляцией *Y. pseudotuberculosis* в городке СПб НВМУ. Данный вывод подтверждается наличием в Нахимовском училище периодически повторяющихся вспышек иерсиниозом со значительным числом больных псевдотуберкулёзом, выделение *Y. pseudotuberculosis* из овощной продукции, присутствие грызунов на овощном складе с выделением у них иерсиний (*Y. enterocolitica*, *Y. kristensenii*, *Y. frederiksenii*, *Y. pseudotuberculosis*). Несмотря на высокую

обсемененность окружающей среды, природные очаги в зоне ответственности СЭО-ЦГСЭН не были зафиксированы из-за кратковременного нахождения курсантов и нахимовцев в летних лагерях, отсутствие длительного хранения овощей и фруктов.

5.2.3. Особенности лабораторной диагностики иерсиниозов в районах расположения организованных и изолированных коллективов

Своеобразие бактериологической диагностики сапрозоонозов на примере иерсиниозов в районах расположения организованных и изолированных коллективов, в первую очередь, связаны с организацией питания личного состава и/или сотрудников (учащихся, курсантов, студентов) учреждений, где организовано общественное питание. Даже в ВС РФ оно осуществляется гражданскими организациями.

Поэтому необходимо кратко рассмотреть основные особенности современной организации питания. От этого зависит появление и главное – накопление возбудителей иерсиниозов до заражающей численности:

- продовольственное обеспечение организованных коллективов в настоящее время не предусматривает длительные сроки хранения овощей, корнеплодов и фруктов; они используются сразу после поступления;
- сырые овощные салаты заменяются на консервированную продукцию в связи с запретом использования «перезимовавших» овощей и корнеплодов;
- в современных овоще- и фруктохранилищах поддерживается особый температурно-влажностный режим, условия которого не способствуют накоплению иерсиний и отвечают современным гигиеническим требованиям;
- полученные генной модификацией овощи, корнеплоды и фрукты устойчивы к гнилостным процессам, которые являются благоприятной средой для развития иерсиниозных бактерий;
- для обеспечения питания организованных коллективов, как правило, закупаются мытые и сухие овощи и фрукты, которые более длительно сохраняют свое качество и безопасность в отношении размножения иерсиний.

Благодаря этому объём проводимых бактериологических исследований, исходя из эпидемиологической ситуации по иерсиниозной инфекции, должен зависеть от социально-экономических предпосылок появления псевдотуберкулёза и других иерсиниозов с учётом особенностей организации продовольственного обеспечения организованных коллективов:

– если в местах постоянной дислокации воинских гарнизонов и других организованных коллективов эпидемиологический прогноз по иерсиниозам благоприятный, то обследование сырых овощей, корнеплодов и фруктов, поступающих на обеспечение питания проводить по эпидпоказаниям;

– в отдалённых гарнизонах, особенно в полярной зоне РФ, где осуществляется сезонный завоз овощей и фруктов – прогноз неблагоприятный. Поэтому в организованных и изолированных коллективах в отношении иерсиниозов необходимы санитарно-противоэпидемические (профилактические) мероприятия, направленные на разрыв механизма передачи. Одним из данных элементов является бактериологический контроль за кишечным иерсиниозом и псевдотуберкулёзом согласно Обязательным лабораторным исследованиям, регламентированным в Руководстве по медицинскому обеспечению ВС РФ, 2017 г. и руководящим документам Роспотребнадзора.

Таким образом, противоэпидемические мероприятия, направленные на устранение предпосылок и факторов риска появления и распространения иерсиниозов в связи с наличием антропоургических очагов и особенностями продовольственного снабжения и дифференцированный подход к проведению бактериологических исследований объектов окружающей среды, позволяют существенно снизить заболеваемость членов организованных коллективов и населения на подконтрольной территории, а также экономически целесообразен. Последний довод позволит перераспределить средства на лабораторную диагностику возбудителей актуальных инфекций с учётом эпидемиологической обстановки региона и при необходимости – для её стабилизации.

Глава VI. Молекулярно-генетические и фенотипические маркеры вирулентности и антибиотикорезистентности возбудителей сапрозоонозов, выделенных в Ленинградском гарнизоне и в полярных регионах, потенциально чувствительных к изменению климата

Одним из возможных последствий изменения климата в область потепления является продвижение переносчиков инфекционных заболеваний в высокие широты с ухудшением эпидемиологической обстановки в связи с расширением нозоареалов возбудителей, приобретающих новые детерминанты патогенности. Поэтому происходящая в Арктике и Антарктике антропогенная и орнитогенная трансформация внешней среды влияет на условия выживания, размножения и вирулентности как меру патогенности микробиоты для обеспечения непрерывности её циркуляции. Эти процессы изучали с учётом эволюционно-экологического подходов совместно с биологами и орнитологами, так как надёжность паразитарных систем обеспечивается многочисленностью хозяев, особенно при сапрозоонозах. Мету патогенности конкретного штамма, его количественный показатель способности вызывать болезнь определяли молекулярно-генетическими и фенотипическими маркерами вирулентности.

Опыт совместной работы по микробиологическому мониторингу полярной микробиоты, проведенной на территории Якутии, подтверждает целесообразность использования ПЦР при проведении планового мониторинга для лабораторного контроля объектов окружающей среды и эпизоотологического обследования. Показано значительное повышение эффективности индикации *Y. pseudotuberculosis* при слежении за циркуляцией возбудителя, благодаря получению положительных результатов в первые дни исследования при помощи ПЦР и выявлению при повторном целенаправленном отборе материала значительно большего числа инфицированных проб. Применение данного метода при плановом микробиологическом мониторинге циркуляции возбудителей сапрозоонозов в объектах окружающей среды надо использовать и в высоких широтах. Пока

методику ПЦР с материалом из полярных регионов применяли в стационарной фазе исследований молекулярно-генетических маркеров вирулентности возбудителей сапрозоонозов и при отрицательных результатах бакметода.

Учитывая особенность возбудителей сапрозоонозов, различаться по признаку патогенности, большинство изолированных культур изучены на наличие генетических детерминант антибиотикорезистентности и вирулентности. Исследовали, в первую очередь, генетические детерминанты вирулентности у штаммов иерсиний, выделенных от больных и из объектов внешней среды в 2005-2010 гг., для определения их патогенного потенциала и роли в возникновении заболеваний иерсиниозами. В этот период выделено 5 культур *Y. pseudotuberculosis*: 3 из смывов овощей и 2 – от больных. Они проверялись на наличие пяти значимых генетических разновидностей детерминант вирулентности:

- 1). Родоспецифические плазмидосодержащие (pYV+) и бесплазмидные (pYV-) иерсинии (*yscQ*);
- 2). Плазмидные *Y. pseudotuberculosis* (pYV+) и бесплазмидные (pYV-) видовые (*yor M*);
- 3). Хромосомный суперантиген *Y. pseudotuberculosis* YPM (*ypm A/C*);
- 4). Хромосомный сегмент «острова высокой патогенности» *Y. pseudotuberculosis* HPI (*fyu A*);
- 5). Хромосомные *Y. pseudotuberculosis* YAPI (*pil*).

Как описано в главе V, у 2 заболевших матросов с БПК «Вице-адмирал Кулаков» 31.01.2009 г. были изолированы 2 штамма *Y. pseudotuberculosis* с подтверждением в реакции агглютинации. При молекулярно-генетическом исследовании обнаружены все значимые детерминанты вирулентности патогенной иерсинии. После ремонта в СПб корабль «Вице-адмирал Кулаков» убыл на Северный Флот, где иерсиниозная инфекция актуальна, но из переписки больше данных о заболеваемости в этой в/части не получали.

В 2006 г. из смывов овощей получено 22 штамма иерсиний и из них 3 культуры (14%) *Y. pseudotuberculosis*. В капусте со склада СПб НВМУ были

обнаружены 4 детерминанты вирулентности. Отсутствовал хромосомный сегмент «острова высокой патогенности» НРІ (*fyu A*); в смывах лука дополнительно был не определён хромосомный суперантиген YPM (*ypr A/C*). В то же время в смывах из 2 проб моркови были получены *Y. enterocolitica* и *Y. kristensenii* с наличием детерминант патогенности данных видов иерсиний. Причём из 124 полученных видов иерсиний со всего гарнизона за период с 2005 по 2010 гг. в СПб НВМУ выделено 19 штаммов (15%).

У двух больных нахимовцев 20.01 2008 г. изолирована *Y. enterocolitica* II и I A биовариантов. Наряду со спорадической заболеваемостью у младшей возрастной категории нахимовцев отмечались групповые случаи сезонной заболеваемости псевдотуберкулёзом (в мае 2006 г. – 2 случая, в марте 2007 г. – 3 и в мае – 2 заболевших). Все эти факты подтверждают возможность существования в эти годы активного с характерным типом сезонности антропоургического очага *Y. pseudotuberculosis* и других видов иерсиний.

Вирулентные свойства многочисленных видов условно-патогенных, и пока не отнесённых к патогенным иерсиниям, исследовали определением в ПЦР трёх генетических маркеров детерминант вирулентности:

- 1). Ген адгезии и инвазии *Y. enterocolitica* (*ail*);
- 2). Хромосомный ген *Y. enterocolitica* (*yst A*);
- 3). Хромосомный ген *Y. enterocolitica* (*yst B*) (Приложение 5).

Одновременно с этим проводили идентификацию вирулентности фенотипическими методами:

- 1). Тест на аутоагглютинацию;
- 2). Кальций зависимость роста иерсиний;
- 3). Реакция агглютинации на стекле с сывороткой к вирулентным вариантам иерсиний (СВИ).

Однако результаты сравнений идентификации вирулентности этими методами для изучаемых бактерий были на стороне определения вирулентности молекулярно-генетическими методами. Так они доминируют в системах мониторингов возбудителей ИСМП. Поэтому не останавливаемся на

рассмотрении полученных результатов последних трёх методов для слежения за полярной микробиотой. При реализации эпидемиологического наблюдения за ней учитывались преимущества методов молекулярно-генетического типирования на стационарном этапе работ по сравнению с фенотипическими (немолекулярными) методами.

При этом мы учитывали современное состояние вопроса определения патогенного потенциала микромицетов фенотипическими методами, которые являются до настоящего времени основными. Потенциальная их патогенность во многом зависит от адаптационных свойств, которые позволяют осуществлять проникновение и развитие в организме хозяина. У выделенных видов микромицетов проверяли способность расти при повышенной температуре (до 37 градусов), а также протеазную, фосфолипазную и гемолитическую активность. Такие ферменты как фосфолипазы и протеиназы способствуют инвазии микромицетов в организм человека, разрушению клеточных мембран, воздействию на иммунную систему. В морфологическом отношении выделяли мицелиально-дрожжевой диморфизм и меланизацию клеток, что определяет лабильность условно-патогенных грибов и их устойчивость к неблагоприятным воздействиям. Перечисленные свойства были выявлены у микромицетов, изолированных из антропогенных местообитаний в полярных регионах. В ходе проведенных исследований было обнаружено, что уровень ферментативной активности (фосфолипазной, гемолитической, протеазной) незначительно изменяется с течением времени у быстрорастущих штаммов, однако он может значительно увеличиваться у медленно развивающихся видов. Кроме того, такая активность значительно изменялась при различных температурах.

Большая часть выделенных штаммов обладала достаточно широким спектром ферментативной активности. При этом данные спектры активности полученных штаммов одного и того же вида варьировали, так же, как и их отношение к температурному фактору. Эти факты свидетельствовали об экологической неоднородности популяций микромицетов полярных

местообитаний, видимо зависящей от изменения климата – повышения температуры и самое главное – влажности среды их обитания.

Данные исследования будут продолжены на уровне ассоциаций «микровицетов-бактерий», как их взаимодействие оказывает влияние на детерминанты вирулентности, выживаемости, размножения, укоренение на полярных территориях и как в их составе присутствуют и развиваются потенциальные патогены человека и животных.

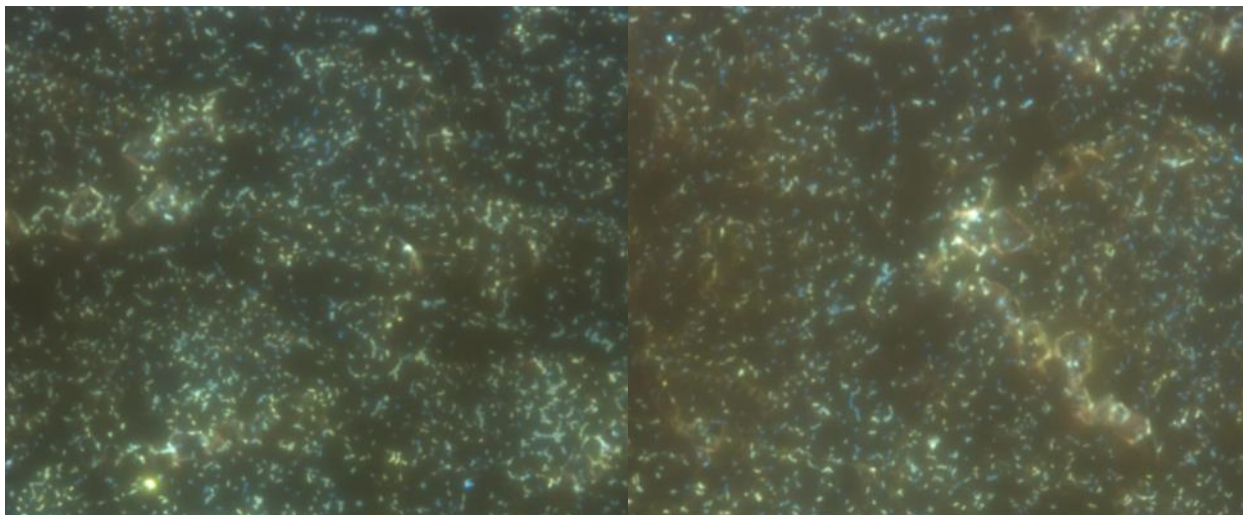
Роль молекулярно-генетических исследований полярных видов микробиоты возрастает в связи с использованием стратегии формирования жизнеспособных, но некультивируемых клеточных форм и персистентных бактерий при неблагоприятных условиях их обитания. Как было описано в главе V на острове Хасуэлл в период 52 РАЭ. в орнитогенных пробах были обнаружены 15 штаммов *Yersinia enterocolitica*. Использование ПЦР позволило в 6 из этих 15 штаммов (40%) обнаружить факторы вирулентности.

Для подтверждения гипотезы о пребывании иерсиний и других сапрозоонозов на прибрежных объектах Антарктиды были предприняты широкомасштабные поисковые работы в период 56 РАЭ. В орнитогенных пробах с острова Хасуэлл при использовании ПЦР были обнаружены последовательности ДНК, следующих иерсиний: *Y. enterocolitica* в 4 пробах, в 2 пробах *Y. aldovae* и *Y. kristensenii* без факторов вирулентности.

Условно-патогенные бактерии рода *Serratia* из семейства *Yersiniaceae* широко распространены в природе, в то же время данный род включает в себя виды, связанные со вспышками внутрибольничных инфекций. Ряд выделенных штаммов, имеющих медицинское значение, исследовали на наличие факторов патогенности. Так, штамм *Serratia liquefaciens* 72 выделен в ходе 56 РАЭ из образца гуано колонии пингвинов Адели (*Pygoscelis adeliae*), на острове Токарева (архипелаг Хасуэлл, Восточная Антарктида) в 3 км от ст. Мирный. После полногеномного секвенирования штамма *Serratia liquefaciens* 72 установлено, что в геноме присутствуют гены, кодирующие основные белки-шапероны холодового шока, кластер генов *tcfABCD*, определяющих способность к адгезии бактериальных клеток

к эпителиальным тканям, гены RTX токсинов – адгезинов. Проведенное полногеномное секвенирование позволило выявить в геномах изучаемых штаммов структуры, свидетельствующие об их успешной адаптации к низким температурам.

Наши экспериментальные исследования подтвердили способность *Serratia liquefaciens* 72 к активному биопленкообразованию в широком диапазоне температур (от 6 до 37 градусов) (рис. 7).



Люминесцентная микроскопия, увеличение X 630; выращивание при + 6 градусов.

Рисунок 7 – Регистрация биопленкообразования штамма *Serratia liquefaciens* 72

Последовательность генома штамма *Serratia liquefaciens* из антарктической орнитогенной пробы у станции Мирный размещена в GenBank (№ 72. Асс. № NZ_MQRG00000000.1)

Существенным фактором является распространение в Арктическом регионе бактерий, устойчивых к антибиотикам. Так, ряд представителей родов *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*, *Enterobacter*, *Serratia*, помимо природной резистентности к известным классам антибактериальных препаратов, проявляют низкую чувствительность к антибиотикам, которые рекомендуются для этиотропной терапии в случае развития инфекционного процесса, обусловленного этими представителями (табл. 9).

Чувствительность арктических бактерий к антибиотикам

Наименование антибиотика (класс)	Чувствительные (%)	Умеренно устойчивые (%)	Устойчивые (%)	МПК ₉₀ (мг/л)	Диапазон МПК (мг/л)
Чувствительность штаммов <i>Acinetobacter</i> spp к антибиотикам ($n = 20$)					
Меропенем (карбапенемы)	20	15	65	16	0,5-32
Ципрофлоксацин (фторхинолоны)	10	15	75	2	0,25-4
Амикацин (аминогликозиды)	10	10	80	16	4-32
Чувствительность штаммов <i>Pseudomonas</i> spp к антибиотикам ($n = 20$)					
Цефепим (цефалоспорины)	15	20	65	8	0,001-16
Меропенем (карбапенемы)	20	15	65	8	0,5-16
Ципрофлоксацин (фторхинолоны)	10	10	80	1	0,25-2
Амикацин (аминогликозиды)	40	40	20	16	1-32
Чувствительность штаммов <i>Stenotrophomonas</i> spp к антибиотикам ($n = 6$)					
Триметоприм-сульфаметоксазол	0	20	80	8	0,5-16
Чувствительность штаммов <i>Enterobacter</i> spp к антибиотикам ($n = 15$)					
Меропенем (карбапенемы)	20	53,3	26,7	4	0,5-16
Ципрофлоксацин (фторхинолоны)	13,3	66,7	20	0,5	0,125-2
Амикацин (аминогликозиды)	26,7	53,3	20	8	4-16

Чувствительность штаммов <i>Serratia</i> spp к антибиотикам ($n = 4$)					
Меропенем (карбапенемы)	50	25	25	0,5	0,5-16
Ципрофлоксацин (фторхинолоны)	25	50	25	0,125	0,125-2
Амикацин (аминогликозиды)	75	25	0	2	1-8

Таким образом, увеличение численности и разнообразия выделяемых в динамике микроорганизмов, имеющих медицинское значение, выявление среди них возбудителей нозокомиальных инфекций, высокая резистентность изученных штаммов бактерий к препаратам этиотропной направленности – являются факторами риска распространения возбудителей инфекционных заболеваний на изучаемых полярных территориях. Поэтому необходимым условием предотвращения роста инфекционной заболеваемости является проведение микробиологического мониторинга окружающей среды Арктики и Антарктики в местах обитания птиц, размещения полярных поселений и вахтовых посёлков с всесторонним изучением биологических свойств выделяемых микроорганизмов.

Информация о микробиологическом мониторинге в СЭО-ЦГСЭН основана на материалах работы учреждения с постоянными сотрудниками, отбирающими материал на одних и тех же территориях зоны ответственности. В таких условиях проще организовать и проводить постоянный мониторинг подконтрольных объектов. Иная ситуация складывается в полярных регионах, где не организована система постоянного слежения за возбудителями сапрозоонозов одними лицами в стабильных местах отбора биологического материала. Приемственность в преодолении данных объективных трудностей создаст использование информационных ресурсов по алгоритму проведения и усовершенствования микробиологического мониторинга возбудителей сапрозоонозов в высоких широтах.

Глава VII. Разработка алгоритма проведения микробиологического мониторинга возбудителей сапрозоонозов, выделенных в высоких широтах, для включения данных в информационные ресурсы по оптимизации системы санитарно-гигиенического и эпидемиологического надзора

Данный алгоритм микробиологического мониторинга с включением полученных результатов в информационные ресурсы позволит преодолеть индивидуальную и ведомственную замкнутость, несогласованность в работе. Материалы исследований в полярных регионах будут иметь свободный доступ на соответствующем сайте в интернете. Данный ресурс разрешит вопрос объединения заинтересованных лиц, занимающихся биологическими и микробиологическими изысканиями по различным темам, но учитывая небольшие для исследований территории – полученные результаты работ будут отвечать главному принципу мониторинга: исследовать одни и те же объекты во времени и пространстве по заранее выработанной и согласованной программе действий, которую следует принять для реализации идеи постоянного наблюдения за полярной микробиотой с целью оценки её состояния и прогнозов развития медико-биологических процессов, устранения экологического ущерба, которые затрагивают проблемы Земли.

7.1. Алгоритм многоуровневого и многокомпонентного микробиологического мониторинга возбудителей сапрозоонозов, выделенных в высоких широтах

Первым уровнем микробиологического мониторинга является экспедиционный этап работы, состоявший из нескольких компонентов:

1. Ознакомительный период. Изучение материалов предыдущих работ по исследованию полярной микробиоты с уточнением мест, географических координат отбора проб биологического материала и составления Программы обследований на предстоящую сезонную или круглогодичную экспедицию.

Последний документ является обязательным основанием для посещения и проведения обследований на объектах РАЭ и ВШЭ.

2. Полевой этап работ. Сбор биоматериала с обязательной точной отметкой координат отбора проб при помощи навигационных систем ГЛОНАСС или GPS. Первая программа показывает лучший результат на арктической территории, где качество сигнала GPS проседает в северных широтах из-за наклона спутников. Однако в Антарктике GPS в эксплуатации пока более надежна. В 2022 году в России началось развёртывание сети ГЛОНАСС нового поколения – суверенной системы позиционирования. Наряду с фиксацией мест отбора проб необходимо стремиться обследуемую местность фотографировать для полной картины динамики изменений в санитарно-гигиеническом и экологическом их состоянии.

Доставленные пробы высеваем на дифференциально-диагностические среды для выделения бактерий и микромицетов в лабораториях НЭС «Академик Федоров» и «Академик Трешников». Часть проб подвергаем холодному обогащению с целью выделения иерсиний и других психрофильных бактерий. Чистые культуры микроскопируем, определяем грампринадлежность с постановкой оксидазного и каталазного тестов. Выделенные чистые культуры переносим на скошенную поверхность питательной среды и через 24 часа инкубации при 37 градусах заливаем стерильным жидким вазелином. Пробирки храним в холодильнике с целью предохранения от высыхания в условиях низкой полярной влажности. Часть проб доставляем при температуре хранения – 18 градусов в морозильной комнате или камере, которые оборудованы для хранения кернов со станций.

Вторым уровнем микробиологического мониторинга являются работы в стационарных условиях лаборатории возбудителей бактериальных инфекций НИИЭМ им. Пастера и микромицетов в СПбГУ. Видовая принадлежность определяется классическими методами и с использованием MALDI-TOF MS (масс-спектрометрический анализ). Определяем вирулентность условно-патогенных культур, устойчивости их к антибиотикам и факторам физическо-

химической природы с применением фенотипических методов. Выявление в динамике генов вирулентности, резистентности к антибиотикам, изучение геномов бактерий распространенных видов проводим генетическими методами. При отсутствии результатов идентификации вышеперечисленными методами осуществляем метагеномный анализ и/или отправляем их в референс-лаборатории. Как правило, такие бактерии не имеют медицинского значения, а их геномные отличия отсутствуют в доступных базах данных.

Третьим уровнем является поддержание в жизнеспособном состоянии полярных представителей бактериальной микробиоты в музеях лаборатории НИИЭМ им. Пастера, а микромицетов в СПб ГУ и Ботаническом институте имени В.Л. Комарова РАН для дальнейшей научно-практической работы.

Четвёртый – федеральный и международный уровень – является депонирование выделенных уникальных штаммов в Государственную коллекцию микроорганизмов III-IV групп патогенности ФГБУ «Научный центр экспертизы средств медицинского применения» Минздрава РФ, а генетические последовательности микробов – в базу данных GenBank.

Сбор материалов во время полевых работ осуществляется в ходе пеших маршрутов методом проведения визуальных наблюдений с фото фиксацией состояния мест отбора проб в комплексе с санитарно-гигиенической оценкой окружающей среды (наличия орнитогенного и антропогенного загрязнения). Проводилась GPS-локация мест сбора образцов участка полигона наблюдения для повторного отбора проб из тех же мест, чтобы провести обследование местности вокруг всех близлежащих полярных объектов, в первую очередь водоёмов и других значимых местообитаний микробиоты.

Работы проведены в прибрежных наземных экологических системах, в пресных континентальных водоёмах (озёрах, озёрцах, ручьях, лужах), от биоматериала неинвазивными способами отбора в местообитаниях и районах кормовых, предмиграционных скоплений морских птиц и животных. Особое внимание необходимо уделять территориям полярных поселений для определения негативных антропогенных факторов воздействия на

окружающую среду и важные экотопы обследованных территорий. Например, приоритетным местом исследования является озеро Степед в окрестностях станции Прогресс (69°24' ю. ш, 72°23' в. д.), используемое для хозяйственно-питьевых нужд. В нём постоянно фиксируется массовое развитие цианопрокариот и микроводорослей, которые образуют ЦБМ, выстилающие около 80-90 % площади дна озера. Летом, после вскрытия ото льда на поверхности озера в результате газообразования в матах, они всплывают и плавают по поверхности водоёма, а также скапливаются по берегам. Данные образования наряду с бентосом озера постоянно забивают фильтры очистки системы водоснабжения станции, что требует научно-практического решения. Некоторые виды цианобактерий выделяют в среду обитания токсины, которые могут попадать с питьевой водой в организм сотрудников станции. Забивание фильтров очистки воды требует дополнительного инженерного решения, связанного со спецификой полярных условий, которые не всегда очевидны.

Важной чертой физико-географической характеристики местности, в пределах которой расположена станция Прогресс, является широко развитая система мелководных озёр, характеризующихся периодическими прорывными паводками, что представляет значительную угрозу для инфраструктуры объекта и способствуют распространению и обмену биоматериала водоёмов. Поэтому так важно сравнивать результаты обследований озера Степед с резервным источником водоснабжения – озером Кристальное и озером возле австралийской станции Лоу, а также с другими близлежащими водоёмами для сравнительной оценки на них воздействия антропогенного и орнитогенного загрязнения.

Наиболее важными пробами для микробиологического мониторинга являются биологические объекты, употребляемые, как дополнительные продукты питания и вносящие разнообразие в пищевой рацион полярников. В рамках совместного с биологами изучения прибрежного морского и озёрного биологического многообразия планктонных сообществ были выполнены гидробиологические сборы проб, в том числе исследовались представители

нектон (полярных натотеневых рыб) – одних из наименее изученных компонентов полярных природных систем.

Наряду с пробами от обычной рыбной ловли надо быть готовыми к работе с материалом от кальмаров (*Teuthida*). Так, в районе южной оконечности Атлантического океана в период сезона 50 РАЭ участвовал в ночной ловле головоногих, привлекаемых светом прожекторов, освещающих воду вокруг НЭС «Академик Фёдоров», на постоянном международном месте их лова всем свободным от вахты экипажем. Кальмары распространены от Полярного круга до побережья Антарктиды, что представляет универсальный научный интерес. В полной темноте на свет прожекторов из глубин океана всплывают мелкие рачки, рыбы и вслед за ними появляются кальмары, которых ловят на специальные приспособления в виде гребёнок. Пойманных кальмаров немедленно препарировал и проводил посев материала от них. Исследовал и тёмную жидкость («чернила») из тела кальмара, которую они выпускают при опасности и при попадании на палубу судна. Из тушек выловленных кальмаров изолировал представительную группу бактерий. Исходя из пищевых предпочтений головоногих, она представляет обширную и разнообразную микробиоту ракообразных, мелких кальмаров и нектон.

Все пробы для проведения микробиологического мониторинга были разделены на три группы: антропогенные, орнитогенные и естественные.

Так в прибрежных районах территорий полярных объектов и в ходе пеших обследований ландшафтов их окружающих, проводился сбор биоматериала из мест, где вероятней можно обнаружить представителей микроорганизмов, имеющей эпидемиологическое значение. Это был подстилающий грунт сбора и складирования бытового мусора, бочек хранения продуктов жизнедеятельности людей, пищевых отходов, входы в кают-компания, мясные и овощные кладовые пищеблоков, водоёмы, используемые для хозяйственно-питьевых нужд, мест протечек канализации. Данные пробы были отнесены к антропогенному типу образцов биологического материала,

показывающий процессы интродукции неиндигенной микробиоты в полярные регионы за счёт интенсивности научно-хозяйственной деятельности.

Ко второй группе образцов причислялись пробы из орнитогенных мест обитания: помёт и продукты его метаболизма – гуано, погадки хищных птиц, биосубстраты птичьих гнёзд, их яйца и останки пернатых, жидкости, выделяемые при защите птицы от врагов и для выкармливания птенцов. Орнитогенный материал показывает миграцию микробиоты с кочевыми дальнеперелётными птицами, образ их жизни и пищевые предпочтения.

Третьей группой были пробы из естественных биоценозов, меньше всего подвергавшиеся антропогенному и орнитогенному загрязнению. В этой среде преобладает индигенная («природная») микробиота и именно её показатели позволяли сравнивать уровни антропогенного и орнитогенного загрязнения с «чистыми» ландшафтами. Естественные биоценозы весьма подвижны в связи с глобальным потеплением климата и зависят от деградации «вечной мерзлоты» с последующим распространением законсервированной в ней древних микробов, более интенсивное образование эоловых потоков, водотоков, проливных озёр. Это приводит к распространению индигенной микробиоты, которая более устойчива к экстремальным полярным условиям и в некоторых географических ареалах даже преобладает по сравнению с участками, подвергнутыми видимому антропогенному и орнитогенному воздействию. И хотя данное деление носит условный характер, однако помогает при учёте результатов, сравнении и осмыслении итогов работы.

Для повышения результативности микробиологического мониторинга необходимо выделять исследовательские полигоны с чёткой привязкой к местности и картированием мест отбора проб с учётом GPS- или ГЛОНАСС-локации. При составлении Плана обследований на предстоящую экспедицию необходимо предусмотреть пребывание на редкопосещаемых полевых базах (например – оазис Багнера) и отдалённых мелких оазисных и тундровых участков для постоянного наблюдения за естественными биоценозами.

Таким образом, микробиологический мониторинг позволяет получить объективные данные для оценки эпидемической ситуации и дает конкретные рекомендации для разработки адекватных противоэпидемических мероприятий. Постоянное наблюдение за циркуляцией возбудителей сапрозоонозов имеет диагностическую, эпидемиологическую и профилактическую составляющие. Он многокомпонентный и зависит от задач экспедиции, её оснащения, профессионального уровня специалистов. Однако поисковая активность зависит от погодных условий и безопасных условий работы, которые необходимо учитывать особенно на станции Мирный, окруженной большим количеством трещин в барьерном ледовом панцире.

Значительный объём информации, составленной и опубликованной экспертами, занимающимися полярной микробиотой, весьма разносторонний, его непросто найти и систематизировать. Однако опыт работы по обсуждаемой тематике позволяет предложить алгоритм его составления и поиска в информационных ресурсах полярных исследований.

7.2. Включение полученных результатов в информационные ресурсы систем санитарно-гигиенического и эпидемиологического надзора

Территории проведения микробиологического мониторинга весьма ограничены участками свободными ото льда в Антарктике и тундровой

Расположения информационных ресурсов и результатов проведения микробиологического мониторинга размещаются в виде отчётов по выполнению Программы освидетельствования объектов и результатов круглогодичных экспедиций в географических информационных системах:

– в фонде библиотеки ААНИИ задепонированы материалы РАЭ и ВАЭ. Труды научных отрядов и групп в виде промежуточных отчётов собираются начальниками сезонных экспедиций, редактируются ими и обсуждаются на совещаниях. В отчётах содержатся предварительные результаты полевого этапа работ, в том числе с результатами из географических информационных

систем, где показаны виды микробиоты, выделенной и идентифицированной в условиях лабораторий научно-экспедиционных судов;

– как правило, результаты завершающих стационарных исследований полярной разновидности микробиоты в ААНИИ отсутствуют. Их можно найти в публикациях исследователей;

– в музейных хранилищах НИИЭМ имени Пастера, СПб ГУ и Ботанического НИИ имени В.Л. Комарова РАН поддерживаются в жизнеспособном состоянии значительное количество представителей полярной микробиоты;

– в Государственных коллекциях микробов и в генетических банках депонируются уникальные штаммы и их генетические последовательности;

– в архиве ААНИИ находятся поимённые списки участников экспедиций, их занимаемая должность, времени, мест посещения полярных объектов, что связано с высокой стоимостью страховки жизни и полного государственного жизнеобеспечения сотрудников РАЭ И ВАЭ.

Из изданий с полярной тематикой надо указать информационно-аналитические сборники: «Проблемы Арктики и Антарктики», «Российские полярные исследования» и «Арктические ведомости».

При наполнении Геопортала результаты микробиологического мониторинга размещаем в разделы: состояние среды обитания населения, качество продуктов питания и питьевой воды, а также природно-климатические данные. При этом определяем динамику увеличения или снижения количественных и качественных показателей полярной микробиоты, в том числе имеющей медицинское значение: возбудителей сапрозоонозов, патогенных и условно патогенных бактерий и микромицет (антибиотикоустойчивых микробов и аллергенных грибов, продуцентов энзимов и других полезных субстратов, используемых для выживания микроорганизмов в экстремальных условиях).

Информационные ресурсы, геоинформационные технологии и системы для целей санитарно-гигиенического и эпидемиологического надзора

позволяют выявлять причинно-следственные связи и корреляции между различными факторами и состоянием здоровья людей. Данная информационно-аналитическая система с базой данных факторов среды обитания, её микробиоты и состояния здоровья полярного населения должна стать эффективным инструментом оценки санитарно-эпидемиологического благополучия местного и пришлого населения в целом и на отдельно взятых территориях с широким перечнем функций пространственного анализа, что в совокупности будет служить объективным обоснованием экспертных оценок для принятия управленческих решений.

Микробиологический мониторинг объективизирует результаты проведения и оценки эффективности систем санитарно-гигиенического и эпидемиологического надзора на полярных объектах. В ходе 50 РАЭ впервые проведено комплексное обследование всех прибрежных круглогодичных станций с составлением Санитарных паспортов на них. По результатам этих инспекций выписаны предписания на имя начальников станций, где указывались конкретные замечания.

В ходе 56 РАЭ проведен повторный осмотр с использованием экспрессных бактериологических исследований питьевой воды, грунта, качества обеззараживания сточных вод и инфраструктуры жизнеобеспечения станций и полевых баз. По истечению 5 летнего периода внесены изменения в Санитарные паспорта и Предписания начальникам станций. В 2019 году на основании Отчётов врачей станций данные документы обновлены и дополнены результатами микробиологического мониторинга. Санитарные паспорта, Предписания были утверждены начальниками экспедиций, находятся на станциях и в медицинской группе ААНИИ.

Таким образом, биологические полярные исследования носят субъективный и непостоянный характер в зависимости от личных интересов исследователей или организаций, их направивших в экспедицию, а результаты их работ не систематизируются в достаточном объёме. В этих условиях необходим системный подход и стремление к его упорядочиванию, что нашло

своё отражение в решении задачи данного диссертационного исследования. Схематически алгоритм микробиологического мониторинга возбудителей сапрозоонозов показан в симбиозе сбора геокодированных данных об объекте исследования и этапов анализа материала проб (рис. 8).

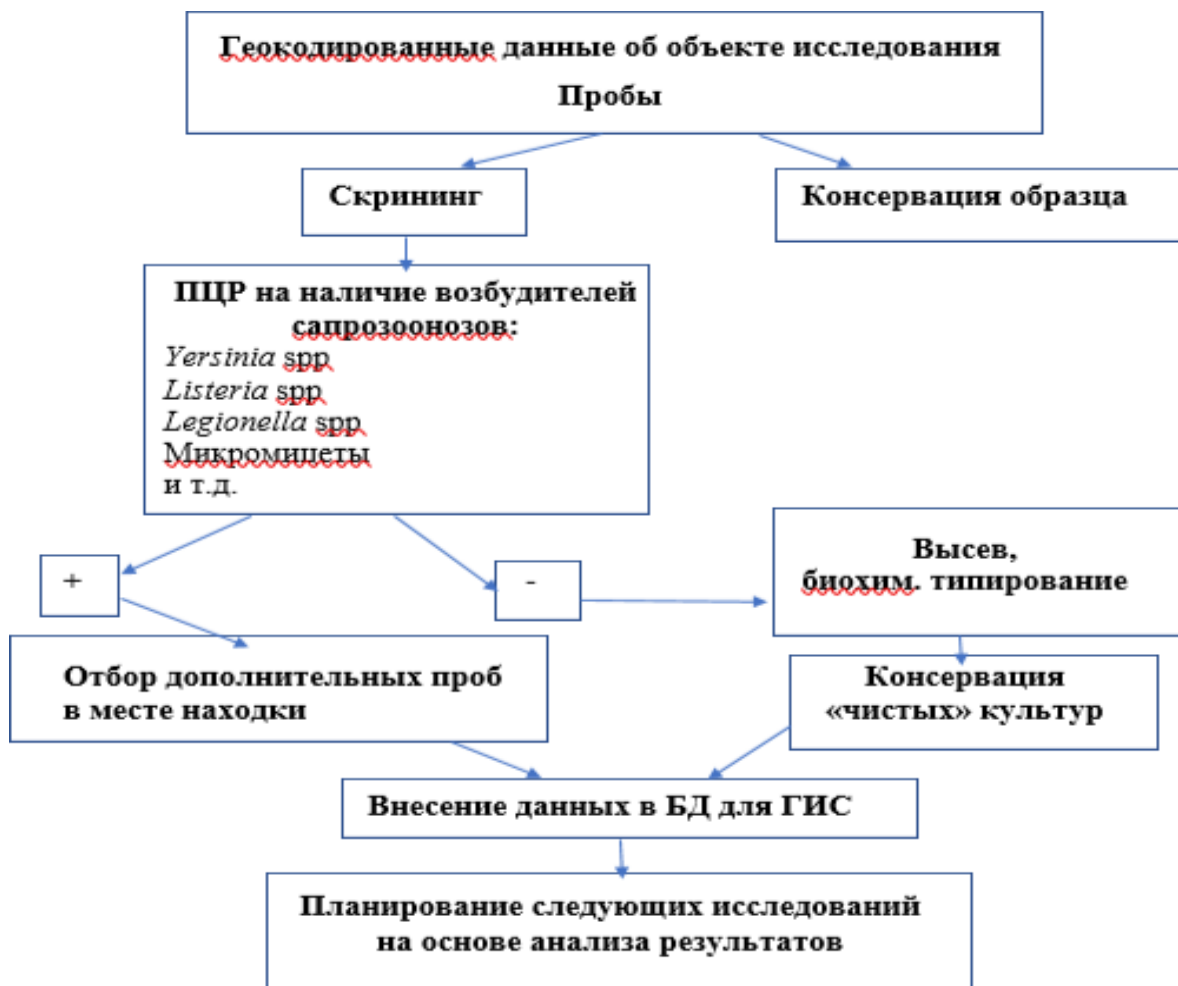


Рисунок 8 – Алгоритм микробиологического мониторинга возбудителей сапрозоонозов

Предлагаемый алгоритм микробиологического мониторинга и единая база данных позволит добиться успехов в изучении полярной микробиоты, которая, как и Антарктика, должна принадлежать всему научному сообществу для пользы человечества.

Заключение

Арктика и Антарктика имеют приоритетное значение для Российской Федерации с точки зрения экономики, политики и социальной сферы. Поэтому уделяется большое внимание развитию этих регионов и поддержанию в них экологического благополучия с целью сохранения здоровья населения, находящегося на этих территориях. При этом большую роль играют микроорганизмы – возможные возбудители сапрозоонозных и/или нозокомиальных инфекций.

В последние годы климатические изменения, происходящие наиболее активно в полярных регионах, в особенности в Арктике, способствуют вытаиванию вечной мерзлоты и повторной активации микроорганизмов, которые были скрыты до сих пор во льдах. Повышение температуры также приводит к распространению всех представителей животного мира на север, включая микроорганизмы, входящие в состав трофических цепей. Большой вклад вносит нарастание темпов хозяйственной деятельности человека, особенно в Арктическом регионе. Поэтому очень важным становится слежение за циркуляцией представителей индигенной и занесенной извне микробиоты, изучение ее биологических свойств, в особенности связанных с возможностью существования в экстремальных условиях и способностью вызывать инфекционные процессы при попадании в организм человека.

В результате исследования проб из различных биоценозов Арктики и Антарктики в динамике за 10 лет установлено увеличение пейзажа выделяемых бактерий: так, на архипелаге Шпицберген в 2010-2011 гг. выделено 25 видов бактерий, а в 2018-2019 гг. – уже 58 видов; из проб, отобранных в Антарктиде в 2011 г., выделено 46 видов, а в 2019 г. – уже 55 видов. Благодаря этим исследованиям создан музей из 587 полярных штаммов бактерий: 243 арктических и 344 антарктических прокариот.

Значительные различия природно-климатических условий Арктики и Антарктики способствуют превалярованию в этих регионах микроорганизмов, принадлежащих к разным таксонам. Так, в естественных

биоценозах Арктического региона чаще встречаются представители семейств *Moraxellaceae* и *Pseudomonadaceae*, а в Антарктиде – *Yersiniaceae* и *Neisseriaceae*. Однако наибольшее практическое значение имеет исследование сапрозоонозов полярных регионов, имеющих медицинское значение: *Serratia* spp, *Pseudomonas* spp, *Acinetobacter* spp, *Enterobacter* spp, *Stenotrophomonas maltophilia*. Большинство из них вовлечены в трофические цепи, способствующие все более широкому их распространению, в том числе в местах, приближенных к человеку. При этом большое значение имеет патогенный потенциал выделенных бактерий. При исследовании генетических и фенотипических маркеров вирулентности у штаммов *Serratia* spp показана высокая адгезивная активность и способность к биопленкообразованию в условиях низких температур. Последовательность генома штамма *Serratia liquefaciens* № 72 из антарктической орнитогенной пробы депонирована в GenBank (Асс. № NZ_MQRG00000000.1). Изучена чувствительность штаммов бактерий, имеющих медицинское значение, к антибактериальным препаратам. При этом были найдены резистентные фенотипы среди бактерий следующих родов: *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*.

Для объективной оценки антропогенного и орнитогенного загрязнения окружающей среды на территории Антарктиды и динамичного слежения за её состоянием предложен универсальный биологический индикатор – цианобактериальные маты. По их физико-химическим, микробиологическим показателям и по содержанию в них тяжелых металлов можно определить следующие категории почвы: чистая, загрязненная, сильно загрязненная.

Ряд психрофильных микроорганизмов могут вызывать инфекционные заболевания, поэтому поиску психрофилов в полярных регионах было уделено особое внимание. Важным их представителем являются бактерии рода *Yersinia*. Так, нахождение штаммов *Y. intermedia* во всех видах изучаемого биоценоза на архипелагах Шпицберген и Северная Земля указывает на вероятность инфицирования населения, особенно находящегося в условиях

длительного холодового стресса, неустойчивого водопроводно-канализационного обеспечения, сниженного внимания к санитарно-гигиеническому состоянию жилых помещений и объектов питания. Большое беспокойство вызывает факт нахождения бактерий *Y. intermedia* в воде источников водоснабжения для населения.

Поэтому большое значение приобретает анализ ретроспективных данных о биоразнообразии иерсиний, циркулировавших в зоне ответственности Ленинградского гарнизона за 23 года, когда было выделено 1365 штаммов *Yersinia* spp, в том числе *Y. pseudotuberculosis* – 323, *Y. enterocolitica* – 784, *Y. intermedia* – 21, *Y. kristensenii* – 181, *Y. frederiksenii* – 56. В результате 3 штамма: *Y. aleksiciae*, *Y. kristensenii*, *Y. frederiksenii*, выделенные из объектов внешней среды Ленинградского гарнизона, депонированы в Государственную коллекцию микроорганизмов III-IV группа патогенности ФГБУ «Научный центр экспертизы средств медицинского применения Минздрава РФ», предназначенные для использования в качестве тест-штаммов для идентификации иерсиний.

В процессе проведения ретроспективного исследования установлена закономерность: с 90-х годов в пробах из объектов окружающей среды зоны ответственности Ленинградского гарнизона отмечается смена этиологически значимых возбудителей иерсиниозной инфекции: вместо *Yersinia pseudotuberculosis* начинают преобладать следующие виды: *Y. enterocolitica*, *Y. kristensenii*, *Y. intermedia*, *Y. mollaretii*, *Y. frederiksenii*, что связано с социально-экономическими причинами и изменением экологии возбудителей.

Поскольку каждый из видов, выделенных сапрозоонозов может иметь медицинское значение, предложен алгоритм надежного и объективного их мониторинга в условиях полярных регионов. Для этого предлагается уже на этапе отбора проб фиксировать геокодированные данные об этом месте для дальнейшего повторного выделения микроорганизмов в ходе проведения микробиологического мониторинга. С целью быстрого скрининга проб на наличие видов бактерий, имеющих медицинское значение, уместно

использовать наборы для ПЦР на поиск соответствующих бактерий. Результаты проведенных скрининговых и детальных исследований рекомендуется вносить в электронные таблицы, которые можно сопрягать с базами данных многоуровневых геоинформационных систем для оперативного анализа и прогнозирования ситуации по распространенности микроорганизмов в полярных широтах.

Выводы:

1. Вследствие значительных различий природно-климатических условий Арктики и Антарктики выявлены отличительные особенности микробных сообществ, распространенных на указанных территориях: в естественных биоценозах Арктического региона, преобладают представители семейств *Moraxellaceae* и *Pseudomonadaceae*, в то время как в одноименных биоценозах Антарктиды более широко распространены представители семейств *Yersiniaceae* и *Neisseriaceae*. Создан музей штаммов бактерий из полярных регионов: 243 арктических и 344 – антарктических.
2. Разработан способ объективной оценки антропогенного и орнитогенного загрязнения окружающей среды на территории Антарктиды при помощи универсального биологического индикатора – цианобактериальных матов, а именно: по физико-химическим, микробиологическим показателям матов и по содержанию в них тяжелых металлов. Комплекс показателей позволяет определить следующие категории почвы: чистая, загрязненная, сильно загрязненная (Патент на изобретение RU № 2522005, 2013 г.).
3. Установлена циркуляция бактерий, имеющих медицинское значение (*Serratia* spp, *Pseudomonas* spp, *Acinetobacter* spp), по следующим трофическим цепям Антарктиды: низшие растения, фитобентос – зообентос – рыбы, моллюски – вода, грунт – птицы, млекопитающие – грунт, цианобактериальные маты – вода, грунт... с вовлечением территорий расположения антарктических объектов.

4. В результате исследования генетических и фенотипических маркеров вирулентности представителей рода *Serratia*, выделенных в Арктике и Антарктике, установлены сходные черты адаптации к условиям полярного климата: высокие показатели адгезивности и биопленкообразования при низких температурах. Установлен резистентный фенотип штаммов у бактерий, принадлежащих к видам, имеющим медицинское значение из родов *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*.
5. Разработан алгоритм микробиологического мониторинга возбудителей сапрозоонозов из объектов окружающей среды, от животных и людей полярных и субполярных регионов, обеспечивающий оптимальный протокол микробиологического исследования и возможность переноса геокодированных данных об исследуемых пробах в базы данных разного формата, в том числе – геоинформационные системы.

Практические рекомендации

С целью более глубокого исследования распространенности сапрозоонозов в полярных регионах предлагается использовать разработанный алгоритм микробиологического мониторинга, в основе которого лежит унифицированный подход к регистрации всех данных об исследуемых пробах и выделяемых при этом микроорганизмах, в одном формате, доступном для переноса в любые многофункциональные информационные системы, позволяющие проводить анализ в пространстве и времени по любому доступному критерию. Примером таких систем являются геоинформационные системы разного уровня: от локального – до федерального. Использование подобных порталов позволит на основе заложенных данных с помощью встроенного в них математического аппарата анализировать ситуацию на указанной территории и прогнозировать ее развитие в динамике, тем самым находя позиции, нуждающиеся в более глубоком или повторном исследовании.

Для повышения эффективности бактериологических исследований на поиск в полярных пробах сапрозоонозов, имеющих медицинское значение, рекомендуется использовать разработанный алгоритм проведения микробиологического мониторинга, позволяющий уже на этапе скрининга выявлять пробы и биоценозы, имеющие эпидемиологическое значение.

Появляется возможность оценки антропогенного и орнитогенного загрязнения окружающей среды Антарктиды по состоянию цианобактериальных матов. Эти данные могут быть использованы для контроля всей арктической территории в динамике.

Составленные Санитарные паспорта научных объектов Российской антарктической экспедиции (РАЭ), а именно: круглогодичных станций Мирный, Прогресс, Беллинсгаузен, Новолазаревская и Восток – позволят правильно организовать процесс пребывания личного состава экспедиций на территории Антарктиды. Подготовленные информационные материалы и Методические рекомендации: «Санитарно-противоэпидемические (профилактические) мероприятия на объектах Российской антарктической и Высокоширотной арктической экспедиций» для администрации научных станций и «Микробиологический мониторинг за возбудителями сапрозоонозов в полярных регионах» для специалистов, занимающихся медико-биологическими проблемами Арктики и Антарктики, будут полезны для организаторов и участников научно-исследовательских экспедиций в полярные регионы.

Для более глубокого изучения иерсиний разработаны и утверждены в 2009 г. Методические указания МУ 3.1.1.2438-09 «Эпидемиологический надзор и профилактика псевдотуберкулеза и кишечного иерсиниоза» с описанием протокола исследования поиска сапрозоонозов (Приложение 10).

Перспективы дальнейшей разработки темы

В дальнейшем планируется продолжение исследования микробного мира Арктики и Антарктики. Будут изучены не только живые особи бактерий,

но и фрагменты ДНК, которые помогут пролить свет на состав микробиоты указанных территорий в историческом аспекте. Будут изучены биологические свойства микроорганизмов – возбудителей ИСМП, особенно в отношении их чувствительности к антибиотикам и возможности горизонтального переноса факторов патогенности между представителями разных таксонов.

Продолжатся исследования на поиск психрофильных сапрозоонозов, в том числе представителей *Yersinia*.

Будет пополняться музей полярных штаммов сапрозоонозов.

Пример разработки способа оценки антропогенного и орнитогенного загрязнения окружающей среды Антарктиды по состоянию цианобактериальных матов будет использован при создании аналога для условий Арктического региона.

Все результаты с геокодированными данными будут встроены в геоинформационные системы доступного уровня, что позволит провести анализ распространенности сапрозоонозов в полярных регионах в динамике и прогнозировать развитие ситуации в будущем.

Список использованных сокращений

АА НИИ – Федеральное государственное бюджетное учреждение «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» (ФГБУ «ААНИИ») Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды России (Росгидромет)

ВАЭ – Высокоширотная арктическая экспедиция

ГПГ – горизонтальный перенос генов

ИИ – иерсиниозная инфекция

ЛПУ – лечебно-профилактическое учреждение

ММ – микробиологический мониторинг

ОКИ – острые кишечные инфекции

ОКИНЭ – острые кишечные инфекции неустановленной этиологии

ПК – пептонно-калиевая среда

ПЦР – полимеразная цепная реакция

РА – реакция агглютинации

РАЭ – Российская антарктическая экспедиция. ВАЭ и РАЭ – экспедиционные подразделения ААНИИ Росгидромета

СБТС – среда для выделения возбудителей кишечного иерсиниоза и псевдотуберкулеза с бромтимоловым синим (иерсиниозный агар)

УФ – ультрафиолетовый

ФБР – фосфатно-буферный раствор

ФГУЗ – Федеральное государственное учреждение здравоохранения

ЦГСЭН МО РФ – Центр государственного санитарно-эпидемиологического надзора Министерства Обороны РФ

CIN-агар – цефсулодин-иргазан-новобиоцин агар

HPI – the high pathogenicity island – остров высокой патогенности

MALDI-ToF MS – масс-спектрометрический анализ (MS)

YPM – *Yersinia pseudotuberculosis*-derived mitogen – суперантиген *Yersinia pseudotuberculosis*

Список литературы

1. Абакумов, Е.В. Почвы Антарктиды / Е.В. Абакумов, В.А. Крыленков // Природа. – 2011. – № 3. – С. 58-62.
2. Абакумов, Е.В. Орнитогенные почвы Антарктики/ Е.В. Абакумов // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского университета. – 2012. – С. 5-19.
3. Аверина, СГ. Характеристика культивируемых штаммов цианобактерий озера Степед (Антарктида) / С.Г. Аверина, А.Д. Краснова // Международная научная школа-конференция «Цианопрокариоты (цианобактерии): систематика, экология, распространение». Апатиты. – 2016. – С. 14-17.
4. Акимов, В.А. Влияние изменения климата на здоровье человека / В.А. Акимов, Р.А. Дурнев, Ю.И. Соколов. В книге: Защита населения и территорий Российской Федерации в условиях изменения климата. МЧС России, Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России. М. – 2016. – С. 153-186.
5. Андрюков, Б.Г. Жирные кислоты как объект исследования температурных адаптационных стратегий микроорганизмов-психрофилов / Б.Г. Андрюков, Л.М. Сомова, Н.Ф. Тимченко // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2015. – №3. – С. 43-49.
6. Андрюков, Б.Г. Эволюция понятия сапронозы и трансформация экологической концепции паразитизма в инфектологии / Б.Г. Андрюков, Л.М. Сомова, Н.Ф. Тимченко // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2017. – №5. – С. 119-126.
7. Андрюков, Б.Г., Молекулярные механизмы персистенции бактерий / Б.Г. Андрюков, И.Н. Ляпунов // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2020. – 97 (3). – С. 271-279.

8. Ахмедов, Р.А. Кишечный иерсиниоз как природноочаговое заболевание // Тезисы докладов научной конференции «Современные аспекты профилактики зоонозных инфекций». Ставрополь, 1991. – С. 156-158.
9. Береснева, Л.А. Влияние типов питания на иммунный статус коренных народов Ямала: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 03.00.13 / Береснева Любовь Алексеевна. Тюмень, 2005. – 15 с.
10. Белов, А.Б. Сапронозы: экология возбудителей, эпидемиология, терминология и систематика / А.Б. Белов, Е.С. Куликалова // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2016. № 1 (86). – С. 5-16.
11. Белов, А.Б. Проблемные вопросы общей теории сапронозов и возможные пути их решения (взгляд эпидемиолога) / А.Б. Белов // Фундаментальная и клиническая медицина. 2017. Т. 2 (4). – С. 34-44.
12. Белов, А.Б., Сапронозные инфекции, связанных с оказанием медицинской помощи: проблемные вопросы теории эпидемиологии / А.Б. Белов, А.А. Кузин. Пермский медицинский журнал. – 2017. 34 (4) – С. 94-102.
13. Беляков, В.Д. Саморегуляция паразитарных систем / В.Д. Беляков, Д.Б. Голубев, Г.Д. Каминский, В.В. Тец // Л., «Медицина». – 1987. – 240 с.
14. Беляков, В.Д. Патогенные бактерии, общие для человека и растений / В.Д. Беляков, В.Ю. Литвин, Е.Н. Емельяненко, В.И. Пушкарева // Патогенные бактерии в сообществах. М.: Росагросервис, 1994. – С. 11-23.
15. Богумильчик, Е.А. Профили масс-спектров бактерий рода *Yersinia* близкородственных *Yersinia enterocolitica* видов для MALDI ToF масс-спектрометрии: база данных / Е.А. Богумильчик [и др.]. – М., 2018. – Зарегистр. в Гос. реестре баз данных 17.12.2018, № 2018622063.
16. Брико, Н. И. Теоретические обобщения в современной отечественной эпидемиологии / Н. И. Брико // Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы. – 2018. – № 3. – С. 4 – 10.
17. Брусина, Е.Б. Эпидемиология инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи, вызванные возбудителями сапронозов / Е.Б. Брусина // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. – 2015; 14 (2) – С. 50-56.

18. Булат, С.А. Доминантные микробные сообщества в подледниковом антарктическом озере Восток / С.А. Булат, М.В. Доронин, Д.А. Сумбатьян // «Экзобиология: от прошлого к будущему»: 3-я Всероссийская конференция по астробиологии (Пушино, 5-9 октября 2020 года). – С. 68-69.
19. Бухарин, О.В., Механизмы выживания бактерий / О.В. Бухарин, А.Л. Гинзбург, Ю.М. Романова, Г.И. Эль-Регистан // М.: Медицина, 2005. 367 с.
20. Бухарин, О.В. Инфекционная симбиология / О.В. Бухарин // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2015; 4. – С. 4-9.
21. Власов, Д.Ю. Грибы на природных и антропогенных субстратах в Западной Антарктиде / Д.Ю. Власов, М.С. Зеленская, И.Ю. Кирцидели // Микология и фитопатология. – 2012. – Т. 46, вып. 1. – С. 20-26.
22. Власов, Д.Ю. Микодеструкторы материалов на полярных станциях в Арктике и Антарктике / Д.Ю. Власов, М.С. Зеленская, А.Л. Панин // Тезисы докладов научно-практической конференции по медицинской микробиологии и клинической микологии (XVI Кашкинские чтения) Проблемы медицинской микологии. – 2013. – Том 15, №2. – С. 62-63.
23. Власов, Д.Ю. Антропогенная инвазия микроскопических грибов в арктических поселениях как возможный источник возникновения микозов / Д.Ю. Власов, И.Ю. Кирцидели, Ш.Б. Тешебаев, М.С. Зеленская, Е.П. Баранцевич, В.А. Крыленков, Е.В. Абакумов, Ю.В. Рябушева, В.Т. Соколов, А.Л. Панин // Успехи медицинской микологии. – 2016. – 16. – С. 96-97.
24. Влияние глобальных климатических изменений на здоровье населения российской Арктики. Представительство ООН в Российской Федерации. – 2019. – С. 28 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www/unrussia.ru](http://www.unrussia.ru).
25. Воскресенская, Е.А. Генетические особенности *Y. pseudotuberculosis* и эпидемиологические черты групповых заболеваний псевдотуберкулезом в организованных коллективах / Е.А. Воскресенская, Ценева Г.Я., Козаренко А.А., Ивашиненко А.П. [и др.] // Эпидемиология и инфекц. болезни. – 2009. – № 3. – С. 31-34.

26. Гончаров, А.Е. Идентификация фрагмента острова высокой патогенности иерсиний у госпитальных штаммов энтеробактерий / А.Е. Гончаров, В.Ю. Хорошилова, Л.П. Зуева // Профилактическая и клиническая медицина. – 2013. – № 1. – Т. 13. – С. 66-68.
27. Гончаров, А.Е., Микробиота водных экосистем, ассоциированных с тающими ледниками архипелага Шпицберген: биоразнообразие и патогенный потенциал / А.Е. Гончаров, И.Ю. Кирцидели, Д.Ю. Власов, Д.Б. Азаров, Е.А. Лебедева, В.В. Колоджиева, Н.Е. Гончаров, В.С. Варгасова, Л.А. Краева, Л.В. Белова, Л.П. Зуева // Профилактическая и клиническая медицина. 2019. – № 4. – Т. 73. – С. 16-21.
28. Гончаров, А.Е., Особенности резистома представителей рода *Serratia* / А.Е. Гончаров, А.П. Соломенный // Мат. научно-практической конференции по медицинской микологии (XXIII Кашкинские чтения) - СПб., 2020. – С. 66.
29. Гончаров, Н.Е. Проблема глобального распространения антибиотикорезистентности на примере некоторых антарктических орнитофильных энтеробактерий / Н.Е. Гончаров, Л.А. Краева, А.Е. Гончаров // Мат. научно-практической конференции по медицинской микологии (XXIII Кашкинские чтения) - СПб., 2020. – С. 66.
30. Горбанев, С.А. О санитарно-эпидемиологическом мониторинге районов Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) и современных научных подходах в реализации приоритетных задач в сфере охраны здоровья граждан / С.А. Горбанев // Российская Арктика. 2019. – № 6. – С. 6-7.
31. Горбанев, С.А. Геоинформационный портал «Санитарно-эпидемиологическое благополучие населения в Арктической зоне Российской Федерации» как перспективный инструмент для комплексной оценки состояния факторов среды обитания и здоровья населения Российской Арктики / С.А. Горбанев, В.Н. Федоров, А.А. Ковшов // Российская Арктика. 2019. – № 6. – С. 8-13.
32. Горбанев, С.А. О состоянии и совершенствовании управления санитарно-эпидемиологическим благополучием в Арктической зоне Российской

- Федерации/ С.А. Горбанев, В.Н. Федоров, Н.А. Тихонова // Экология человека. 2019. – № 10. – С. 4-14.
33. Горбунов, Г.А. Медицинское обеспечение Российской антарктической экспедиции / Г.А. Горбунов, В.Ф. Козак, В.П. Клопов, И.Ю. Сенкевич, В.А. Крыленков // СПб.: ААНИИ, 2009. – 188 с.
34. ГОСТ ISO 10273-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Горизонтальный метод выявления условно-патогенной бактерии *Yersinia enterocolitica*». – М.: Стандартинформ, 2014. – 43 с.
35. ГОСТ Р 57989-2017 Продукция пищевая специализированная. Методы выявления патогенных микроорганизмов на основе полимеразной цепной реакции [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200157688>.
36. Дятлов, И.А. К вопросу о биологической и экологической опасности почвы вечной мерзлоты / И.А. Дятлов // Проблемы сохранения здоровья и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия в Арктике: материалы научно-практической конференции с международным участием. – СПб.: ООО ИПК «Коста», – 2017. – С. 95-98.
37. Егоров, И.Я. Псевдотуберкулез и кишечный иерсиниоз / И.Я. Егоров, А.С. Марамович, А.Д. Ботвинкин // Эпидемиологический надзор за особо опасными и природно-очаговыми инфекциями в условиях Крайнего Севера. – Якутск: Кудук, 2000. – С. 123–133.
38. Егоров, И.Я. Влияние природных и социальных условий на эпидемический процесс на Крайнем Севере / И.Я. Егоров // Дальневосточный журнал инфекционной патологии. – Хабаровск, 2006. – №8. – С. 8-15.
39. Захарова, Н.Г. Микробиология в определениях и иллюстрациях / Н.Г. Захарова, В.И. Вершинина, О.Н. Ильинская – Казань: Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2012. – 799 с.
40. Зуева, Л.П. Эпидемиология и профилактика инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи / Л.П. Зуева, Б.И. Асланов, А.Е. Гончаров, А.В. Любимова // СПб.: Фолиант (мед.) – 2017. – 288 с.

41. Зыкин, Л.Ф. Иерсиниоз и псевдотуберкулёз сельскохозяйственных животных / Л.Ф. Зыкин, А.А. Щербаков, З.Ю. Хапцев // Саратов. – 2002. – 67 с.
42. Иерсиниоз в Российской Федерации: информ. бюлл. Вып. 2 / под ред. А.А. Тоголяна. – СПб.: ФБУН НИИЭМ имени Пастера, 2017. – 52 с.
43. Казарникова, А.В. Выделение и характеристика *Yersinia ruckeri* при гибели карпов прудах на юге России / А.В. Казарникова [и др.] // Ветеринария. – 2017. – № 8. – С. 19-28.
44. Каминская, А. А. Симбиоз *Burkholderia cepacia* с почвенными простейшими в разных экологических условиях: дис... канд. биол. наук. 03.00.07/ Каминская Анастасия Александровна, М., 2007. – 115 с.
45. Капков, В.И. Сукцессии цианобактерий в водоёмах бореальной зоны / В.И. Капков, С.Г. Васильева, Е.С. Лобакова // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2018. – № 4. – С. 100-107.
46. Каримова, Т.В. Молекулярно-биологическая характеристика *Yersinia enterocolitica*, циркулирующих в различных регионах Российской Федерации / Т.В. Каримова, Е.А. Богумильчик, Е.А. Воскресенская, В.Т. Климов, Г.Я. Ценева, М.В. Чеснокова, Л.И. Иванов, Т.Б. Поутонен, А.В. Васильева, Т.В. Громова // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2012. – № 1–3. – С. 16-21.
47. Кершенгольц, Б.М., Влияние глобальных климатических изменений на реализацию потенциала инфекционных заболеваний населения в российской Арктике (на примере Якутии). Обзор. / Б.М. Кершенгольц, В.Ф. Чернявский, В.Е. Репин, О.И. Никифоров, О.Н. Софронова // Экология человека. 2009. – № 6. – С. 34-39.
48. Кирцидели, И.Ю. Аэромикота арктических станций в акватории Северного морского пути, как возможный источник потенциальных патогенов и микогенной аллергии / И.Ю. Кирцидели, Д.Ю. Власов, Н.Н. Ролле. // Проблемы медицинской микологии. – 2016 – Т. 18, № 2. – С. 75-76.

49. Кирцидели И. Ю. Почвообитающие микроскопические грибы в экосистемах Арктики и Антарктики: дис... док. биол. наук. 03.02.12 / Кирцидели Ирина Юрьевна. – СПб., 2020. – 125 с.
50. Климов, В.Г. Скрининговая ПЦР-диагностика полевого материала на иерсиниозы // Генодиагностика ООИ – Саратов, 2000. – С. 79-80.
51. Климов, В.Т. Молекулярно- генетический мониторинг на основе ПЦР О-генотипирования / В.Т Климов., М.В. Чеснокова // Молекулярная генетика. – 2007. – №4. – С. 14-17.
52. Климов, В.Т. Молекулярно-генетическая структура *Yersinia pseudotuberculosis* в Иркутской области/ В.Т Климов., М.В. Чеснокова, К.А. Тирских, Т.А. Крайнева // Материалы VI Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием «Молекулярная диагностика – 2007» М., 2007. Т. II. – С. 300-302.
53. Ковшов, А.А. Мониторинг инфекционных и паразитарных болезней в Чукотском автономном округе / А.А. Ковшов, Ю.А. Новикова, В.Н. Федоров, Н.А. Тихонова, В.Н. Кирич // Здоровье населения и среда обитания. 2019. №10 (319). – С. 27-33.
54. Колоджиева, В.В., Гончаров Н.Е., Ткачев П.В., Гончаров А.Е. Энтерококки Антарктики: видовое разнообразие и патогенный потенциал / В.В. Колоджиева, Н.Е. Гончаров, П.В. Ткачев, А.Е. Гончаров // Проблемы медицинской микологии. 2020. – Т. 22. № 3. – С.89.
55. Кокорина, Г.И. Патотипы возбудителя псевдотуберкулеза их значение в инфекционном процессе / Г.И. Кокорина, Е.А. Воскресенская, В.Т. Климов, М.В. Чеснокова // Инфекционные болезни: проблемы здравоохранения и военной медицины: Материалы Росс. науч. практич. конф., посвященной 100-летию кафедры инф. болезней ВМА им. С.М. Кирова. – СПб., 2006. – С. 154.
56. Кокорина, Г.И. Генотипы штаммов *Yersinia pseudotuberculosis* и их клиническое и диагностическое значение: дисс. ... канд. мед. наук: 03.02.03 / Кокорина Галина Ивановна. – СПб., 2013. – 142 с.

57. Коренберг, Э.И. Происхождение возбудителей природноочаговых болезней / Э.И. Коренберг // Природа. Эпидемиология. – 2006. – №10. – С. 33-40.
58. Коренберг, Э.И. Природная очаговость болезней: к 70-летию теории / Э.И. Коренберг, В.Ю. Литвин // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2010; №1 (50). – С. 5-9.
59. Коренберг, Э.И. Юбилей теории академика Е.Н. Павловского о природной очаговости болезней (1939-2014) / Э.И. Коренберг // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. – 2015; №1. – С. 9-16.
60. Коренберг, Э.И. Пути совершенствования эпидемиологического надзора за природноочаговыми инфекциями / Э.И. Коренберг // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. 2016. – №6. – С. 18-29.
61. Королюк, А.М. Диагностическая ценность ПЦР при иерсиниозах / А.М. Королюк, Н.В. Михайлов, И.В. Мирошниченко // Материалы VII съезда Всероссийского общества эпидемиологов, микробиологов, паразитологов. М. 1997. – С. 180-181.
62. Криволицкий, Д.А., Лебедева Н.В., Гаврило М.В. Микроартроподы почв в оперении птиц Антарктики / Д.А. Криволицкий, Н.В. Лебедева, М.В. Гаврило // Доклады академии наук. 2004. Т. 397, № 6. – С. 845-848.
63. Крыленков, В.А. Комплексные мониторинговые исследования среды обитания человека в полярных исследованиях. Характеристика и роль биоповреждения материалов, изделий и сооружений в среде обитания людей / В.А. Крыленков // – СПб.: Изд-во ВВМ, 2014. – 125 с.
64. Крыленков, В.А. Микробиота земной криосферы / В.А. Крыленков, А.Е. Гончаров // СПб.: Фолиант, 2019. – 448 с.
65. Кудинова, А.Г. Характеристика прокариотных комплексов почв восточной Антарктики / Кудинова Алина Гранитовна // дис... канд. биол. наук: 03.01.07 – М., 2016. – 111 с.
66. Куклева, Л.М. Бактериальная биопленка и особенности ее образования у возбудителя чумы и других, патогенных иерсиний / Л.М. Куклева, Г.А.

- Ерошенко, Н.А. Видяева, В.В. Кутырев // Проблемы особо опасных инфекций. – Саратов, 2011. – вып. №110. – С. 5–11.
67. Кунин, Е. Логика случая: О природе и происхождении биологической эволюции / Е. Кунин // Litres, 2017. – 760 с.
68. Лабинская, А.С. Руководство по медицинской микробиологии. Общая и санитарная микробиология. Книга I / под ред. А.С. Лабинской., Е.Г. Волиной – М.: Издательство БИНОМ, 2008. – 1080 с.
69. Лабинская, А.С. Руководство по медицинской микробиологии. Частная медицинская микробиология и этиологическая диагностика инфекций. Книга II / под ред. А.С. Лабинской, Н.Н. Костюковой, С.М. Ивановой. – М.: Издательство БИНОМ, 2010. – 1152 с.
70. Литвин, В.Ю. Эпидемиологические аспекты экологии бактерий. / В.Ю. Литвин, А.Л. Гинцбург, В.И. Пушкарёва, Ю.М. Романова, Б.В. Боев. – М: Фармарус-Принт, 1998. – 256 с.
71. Литвин, В.Ю. Сапронозы и природная очаговость болезней / В.Ю. Литвин, Г.П. Сомов, В.И. Пушкарёва // Актуальные проблемы природной очаговости болезней. Национальные приоритеты России. – Омск, 2009 – спец. выпуск № 2. – С. 11-12.
72. Литвин, В.Ю. Сапронозы как природно-очаговые болезни / В.Ю. Литвин, Г.П. Сомов, В.И. Пушкарёва // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. – 2010. – Т. 1, № 50. – С. 10-16.
73. Лопатина, А.В. Разнообразие бактерий на поверхности снега прибрежных зон Восточной Антарктики / А.В. Лопатина, В.А. Крыленков, К.В. Северинов // Конференция по созданию программы международного полярного десятилетия. – Сочи. 4-7 октября, 2010. – С. 93-94.
74. Лопатина, А.В. Оценка разнообразия микроорганизмов поверхностного снега прибрежных зон Восточной Антарктиды: дис... канд. биол. наук. 03.01.07 / Лопатина Анна Васильевна. – М., – 2015. – 126 с.
75. Макаров, В.В. Сапронозы, факторные и оппортунистические инфекции (к истории этиологических воззрений в отечественной эпидемиологии и

- эпизоотологии) / В.В. Макаров // Ветеринарная патология: Международный научно-практический журнал по фундаментальным и прикладным вопросам ветеринарии. 2008. №1 (24). – С. 11-20.
76. Махнев, М.В. Антропургические очаги псевдотуберкулёза: механизмы формирования в воинских коллективах / М.В. Махнев // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2006. №2. – С. 11-17.
77. Мельников, И.А. Оценка современного состояния и особенностей формирования биоты арктического морского льда по материалам мониторинга в районе Северного полюса/ И.А. Мельников // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2017. Т. 28. № 1. – С. 83–96.
78. Некрасова, Л.И. О северной границе ареала *Yersinia pseudotuberculosis* в Евразии / Л.И. Некрасова, Г.В. Ющенко // Инфекции, обусловленные иерсиниями (иерсиниоз, псевдотуберкулез и другие актуальные инфекции): Материалы межд. конф. – СПб., 2000. – С. 42.
79. Определитель бактерий Берджи. В 2-х т. Т.1: Пер. с англ. / Под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уилльямса. – М.: Мир, 1997. – С. 195-196, 227-229, 375-426.
80. Определение чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам: клинические рекомендации. Версия-2018-03. – МАКМАХ, 2018. – 206 с.
81. Опыт ликвидации вспышки сибирской язвы на Ямале в 2016 году / Под редакцией А.Ю. Поповой, А.Н. Куличенко. – Ижевск: ООО «Принт-2», 2017. –313 с.
82. Организация и проведение лабораторных исследований на иерсиниозы на территориальном, региональном и федеральном уровнях: методические указания МУК 4.2.3019-12 / Е.Б. Ежлова [и др.]. – М.: Изд-во ФГУЗ «ФЦГЭ Роспотребнадзора», 2012. – 60 с.
83. Панин, А.Л. Микробиологический мониторинг иерсиний как основа санитарно-эпидемиологического надзора за иерсиниозами в

- организованных коллективах. А.Л. Панин, Л.А. Краева, В.Б. Сбойчаков, А.Б. Белов, В.Н. Болахан, Д.Ю. Власов, Г.Я. Ценева. Инфекция и иммунитет. 2013. Т. 3. № 3. – С. 217-228.
84. Панин, А.Л. Природно-техногенная очаговость инфекционных болезней на территории антарктических поселений. А.Л. Панин, В.Б. Сбойчаков, А.Б. Белов, Л.А. Краева, Д.Ю. Власов, А.Е. Гончаров Успехи современной биологии. 2016. Т. 136. № 1. – С. 53-67.
85. Патент на изобретение «Способ оценки антропогенного и орнитогенного загрязнения окружающей среды Антарктиды по состоянию цианобактериальных матов (варианты)»: № 2522005 от 13.12.2013. Рос. Федерация: МПК G01N 33/24 – публ. 10.04.2015. Бюл. №10. Авторы: Панин А.Л., Краева Л.А., Ценева Г.Я.
86. Персиянова, Е.В. Характеристика взаимоотношений *Yersinia pseudotuberculosis* с растительными клетками: дис... канд. биол. наук. 03.00.16 / Персиянова Елена Викторовна Владивосток, 2008. – 166 с.
87. Пушкарёва, В.И. Гидробионты, как резервуарные хозяева возбудителей бактериальных сапронозов/ В.И. Пушкарёва, С.А. Ермолаева, В.Ю. Литвин // Зоол. Журн. – 2010 – Vol/ 89, № 1 – С. 37-47.
88. Пушкарева, В.И. Эпидемиологическая опасность формирования биопленок в условиях пищевого производства / В.И. Пушкарева [и др.] // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. – 2011. – № 2. – С. 17-23.
89. Ревич, Б.А. Климатические изменения как фактор риска здоровью населения Российской Арктики / Б.А Ревич // Проблемы здравоохранения и социального развития Арктической зоны России. М.: Paulsen, – 2011. – С. 9-68.
90. Ревич, Б.А. Зонирование административных районов Российской Арктики по степени опасности разрушения скотомогильников в результате деградации многолетней мерзлоты / Б.А. Ревич, Д.А. Шапошников, С.Р. Раичич, С.А. Сабурова, Е.Г. Симонова // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 1. – С. 5-14. DOI: 10.21668/health.risk/2021.1.12.

91. Рудаков, Н.В. Эволюция учения о природной очаговости болезней человека / Н.В. Рудаков, В.К. Ястребов // Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы. 2014; 4. – С. 4-38.
92. Сажин, А.Ф. Бактерии и вирусы в арктическом льду. Океанология / А.Ф. Сажин, Н.Д. Романова, А.И. Копылов, Е.А. Заботкина // – 2019. – Т. 59. – № 3. – С. 373-382.
93. Смирнов, И.В. Возбудитель иерсиниоза и близкие к нему микроорганизмы / И.В. Смирнов // Клиническая микробиология, антимикробная химиотерапия. – 2004. – Т. 6, №1. – С. 10-15.
94. Соколов, П.Н. Оптимизация бактериологической диагностики в осуществлении эпидемиологического надзора за иерсиниозами в Тюменской области / П.Н. Соколов, В.В. Черемных, Б.Ф. Медведев, Н.С. Панова // Актуальные проблемы природной очаговости болезней. Национальные приоритеты России. – Омск, 2009. – спец. выпуск № 2. – С. 157-158.
95. Сократова, И.Н. Антарктические оазисы: история и результаты исследований / И.Н. Сократова // – СПб: ААНИИ, 2010. – 274 с.
96. Солдатов, Е.А. Медицинское обеспечение в Арктике: 2015 г. / Е.А. Солдатов, А.С. Голота, А.А. Корнилова, А.Б. Крассий, К.К. Левандо, М.Л. Чувашев, Р.А. Шалахин // Военно-медицинский журнал. 2016. – № 5. – С. 44-51.
97. Солохина, Л.В. Ассоциация *Yersinia pseudotuberculosis* с цианобактериями: Популяционный и ультраструктурный анализ: дис... канд. биол. наук. 03.00.07 / Солохина, Людмила Владимировна, 2002. – 119 с.
98. Сомов, Г.П. Псевдотуберкулез / Г.П. Сомов, В.И. Покровский, Н.Н. Беседнова, Ф.Ф. Антоненко. – М.: Медицина, 2001. – 256 с.
99. Сомова, Л.М., Гетероморфизм клеточной персистенции возбудителей сапронозов в различных условиях среды обитания / Л.М. Сомова, Б.Г. Андрюков, И.Н. Ляпун // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2020; 97 (1). – С. 62-71.

100. Состояние санитарно-эпидемиологического благополучия населения, проживающего на территории Арктической зоны российской Федерации. Информационный бюллетень. СПб. 2019. – С. 18-20.
101. Софронова, О.Н. Микробиологический мониторинг иерсиниозов на территории Якутии / О.Н. Софронова, Е.А. Богумильчик, Е.А. Воскресенская, Г.Я. Ценева [и др.] // Якутск. мед. журн. – 2012. – Т. 1, № 37. – С. 69-72.
102. Софронова, О.Н. Микробиологические и экологические особенности штаммов иерсиний, циркулирующих на территории Якутии: дис... канд. мед. наук. 03.02.03 / Софронова Октябрина Николаевна – СПб. 2014.–123 с.
103. Старостина, Н.В. Эпидемиологические и экологические особенности заболеваний, вызываемых *Yersinia frederiksenii*, *Yersinia kristensenii* и *Yersinia intermedia*: автореф. дисс. канд. мед. наук: 14.00.30 / Старостина Наталья Валерьевна. – М., 2000. – 21 с.
104. Терентьев, В.И., Румянцев В.А., Терентьев А.В., Лопатин С.А. Проекты здоровьесохраняющих программ, направленных на совершенствование водохозяйственного комплекса / В.И. Терентьев, В.А. Румянцев, А.В. Терентьев, С.А. Лопатин // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2016. – № 1 (97). – С. 8-15.
105. Тешебаев, Ш.Б. Исследование бактериальной составляющей в естественных водоёмах района м. Баранова (архипелаг Северная Земля, о. Большевик)/ Ш.Б. Тешебаев, А.Н. Рачкова // Российские полярные исследования. – 2015. – №4. – С. 19-22.
106. Тимченко, Н.Ф. Роль растений в экологии *Yersinia pseudotuberculosis*/ Н.Ф. Тимченко, Е.В. Персиянова // Биологические науки. Фундаментальные исследования. – 2013. – №6. – С. 1442-1448.
107. Тырылгин, М.А. Проблемы охраны здоровья населения Крайнего Севера, на примере региона Якутия / под редакцией М.И. Томского. – Новосибирск: Наука, 2008. – 302 с.

108. Частная медицинская микробиология и этиологическая диагностика инфекций: руководство по медицинской микробиологии. Книга II / Колл. авторов; под ред. А.С. Лабинской, Н.Н. Костюковой, С.М. Ивановой. – М.: Издательство БИНОМ, 2010. – 1152 с.
109. Чеснокова, М.В. Алгоритм лабораторной диагностики / М.В. Чеснокова [и др.] // Дальн. журн. лаб. диагностики. – 2010. – №17. – С. 188-192.
110. Чеснокова, М.В. Анализ эпидемиологической ситуации по псевдотуберкулезу и кишечному иерсиниозу в России и прогноз заболеваемости на среднесрочную перспективу / М.В. Чеснокова [и др.] // Здоровье населения и среда обитания. – 2018. – Т. 306, № 9. – С. 59-64.
111. Шкарин, В.В. Эпидемиологические особенности сочетанных природно-очаговых инфекций / В.В. Шкарин, А.С. Благоданова, М.Э. Чумаков // Эпидемиология и Вакцинопрофилактика. – 2017. – № 5 (96). – С. 43-52.
112. Шурыгина, И.А. Псевдотуберкулез / И.А. Шурыгина, М.В. Чеснокова, В.Т. Климов, И.В. Малов, А.С. Марамович – Новосибирск: Наука, 2003. – 319 с.
113. Щелчкова, М.В. Анализ заболеваемости острыми кишечными инфекциями населения Республики Саха (Якутия) и г. Якутска / М.В. Щелчкова, В.К. Ядрихинская // Якутский медицинский журнал – 2008. – № 4 (24). – С. 64-67.
114. Эпидемиологический надзор и профилактика псевдотуберкулеза и кишечного иерсиниоза: методические указания МУ 3.1.1.2438-09 / Ю.В. Демина [и др.] – М.: Изд-во ФГУЗ «ФЦГЭ Роспотребнадзора», 2010. – 52 с.
115. Юшкова, Л.Я., Совместные действия ветеринарных специалистов и медиков при изучении климатических изменений на Арктических территориях / Л.Я. Юшкова, Б.Н. Балыбердин // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2020. – 04. – С. 3-11.
116. Adeolu, M. Genome-based phylogeny and taxonomy of the 'Enterobacteriales': proposal for Enterobacteriales ord. nov. divided into the families Enterobacteriaceae, Erwiniaceae fam. nov., Pectobacteriaceae fam. nov., Yersiniaceae fam. nov., Hafniaceae fam. nov., Morganellaceae fam. nov., and

- Budviciaceae fam. nov. / M. Adeolu, S. Alnajar, S. Naushad, S.R. Gupta// Int J Syst Evol Microbiol. – 2016. – Vol.66, № 12. – P. 5575-5599. doi: 10.1099/ijsem.0.001485.
117. Ahmed, E., Siderophores in environmental research: roles and applications / E. Ahmed, S.J.M. Holmstrom // Microbial biotechnology. – 2014. – Vol.7, – №3. – P. 196-208.
118. Allen, M. A. The genome sequence of the psychrophilic archaeon, *Methanococcoides burtonii*; the role of genome evolution in cold adaptation/ M. A. Allen, F.M. Lauro, T.J. Williams // The ISME journal. – 2009. – Vol. 3, № 9. – P. 1012-1035.
119. Aminov, R.I. Evolution and ecology of antibiotic resistance genes / R.I. Aminov, R. I. Mackie // FEMS microbiology letters. – 2007. – Vol. 271, № 2. – P. 147-161.
120. Anacarso, I. Influence of *Legionella pneumophila* and other water bacteria on the survival and growth of *Acanthamoeba polyphaga* / I. Anacarso, E. Guerrieri, M. Bondi // Archives of microbiology. – 2010. Vol.192, № 10. – P. 877-882.
121. Andremont, A. Commensal flora may play key role in spreading antibiotic resistance. American Society for Microbiology News. – 2003 – 69(2). – P. 601-607.
122. Andronov, S. Changing diets and traditional lifestyle of Siberian Arctic Indigenous Peoples and effects on health and well-being / S. Andronov, A. Lobanov, A. Popov, Y. Luo, O. Shaduyko, A. Fesyun, L. Lobanova, E. Bogdanova, I. Kobelkova // Royal Swedish Academy of Sciences. – 2020. doi: 10.1007/s13280-020-01387-9.
123. Arrausi-Subiza, M. Evaluation of different enrichment methods for pathogenic *Yersinia* species detection by Real time PCR / M. Arrausi-Subiza // BMC Vet Res. – 2014. – Vol. 10, № 192. – 8 p. doi: 10.1186/s12917-014-0192-9
124. Bach, S. The *Yersinia* high-pathogenicity island is present in different members of the *Enterobacteriaceae* / S. Bach, A. Almeida, E. Carniel // FEMS microbiology letters. – 2000. – Vol. 183, № 2. – P. 289-294.

125. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. 2001. Vol. 1, Phylum BX, P. 473-600
126. Bidle, K.D. Fossil genes and microbes in the oldest ice on Earth / K.D. Bidle, S. Lee, D.R. Marchant, P.G. Falkowski // Proceedings of the National Academy of Science. – 2007. – Vol. 104, №33. – P.13455-13460.
127. Bolignano, G. Disseminated nosocomial fungal infection by *Aureobasidium pullulans* var. *melanigenum*: a case report / G. Bolignano, G. Criseo // Journal of clinical microbiology. – 2003. – Vol.41, № 9. – P. 4483-4485. doi:10.1128/JCM.41.9.4483-4485.2003.
128. Bowman, J.S., Microbial community dynamics in two polar extremes: The lakes of the McMurdo Dry Valleys and West Antarctic Peninsula marine ecosystem / J.S. Bowman, T.J. Vick-Majoris, R. Morgan-Kiss // BioScience. – 2016. Vol. 66, № 10. – P. 829-847. Doi:10.1093/biosci/biw103.
129. Brinkmeyer, R. Diversity and structure of bacterial communities in Arctic versus Antarctic pack ice / R. Brinkmeyer, K. Knittel, J. Jurgens // Applied and Environmental Microbiology. – 2003. – Vol. 69, № 11. – P. 6610-6619.
130. Bulat, S.A. Microbiology of the subglacial Lake Vostok: first results of borehole-frozen lake water analysis and prospects for searching for lake inhabitants / S.A. Bulat // Philosophical Transactions of the Royal Society a Mathematical Physical and Engineering Sciences. – 2016. – V. 374 (2059), 20140292. 6.
131. Bush, K. A functional classification scheme for beta-lactamases and its correlation with molecular structure/ K. Bush, G. A. Jacoby, A.A. Medeiros // Antimicrobial agents and chemotherapy. – 1995. –Vol. 39, № 6. – P.1211-1233.
132. Carniel, E. The *Yersinia* high-pathogenicity island: an iron-uptake island / E. Carniel // Microbes and Infect. – 2001. – Vol. 3, № 7. – P. 561-569.
133. Cateau, E. *Acanthamoeba* sp. Promotes the survival and growth of *Acinetobacter baumannii* / E. Cateau, J. Verdon, B. Fernandez // FEMS microbiology letters. – 2011. – Vol. 319, №1. – P. 19-25.

134. Chen, I.C. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming / I.C. Chen, J.K. Hill J.K., R. Ohlemuller, D.B. Roy, C.D. Thomas // *Science*. – 2011. Vol. 333. – P. 1024–1026.
135. Collyn, F. YAPI, a new *Yersinia pseudotuberculosis* pathogenicity island / F. Collyn, A. Billault, C. Mullet // *Infect. Immunol.* – 2004. – Vol. 72. – P. 4784-4790.
136. Costa, P.M. da. Transfer of multidrug-resistant bacteria between intermingled ecological niches: the interface between humans, animals and the environment / P.M. da Costa, L. Loureiro, A. Matos // *International journal of environmental research and public health*. – 2013. – Vol. 10, № 1. – P. 278-294.
137. Damoa-Siakwan, S. Extended-spectrum beta lactamases: an overview // *British Journal of Infection Control*. – 2005. – Vol. 6, № 6. – P. 25-28.
138. Davies, J. Origin and evolution of antibiotic resistance / J. Davies, D. Davies // *Microbiology and molecular biology reviews*. – 2010. – Vol. 74, № 3. – P. 417-433.
139. De Jonckheere, J.F. Isolation and molecular identification of free-living amoebae of the genus *Naegleria* from Arctic and sub- Antarctic regions // *European journal of protozoology*. – 2006. – Vol. 42, № 2. – P. 115-123.
140. De Keukeleire, S. *Yersinia ruckeri*, an unusual microorganism isolated from a human wound infection / S. De Keukeleire // *New Microbes New Infect.* – 2014. – Vol. 2, № 4. – P. 134-135. doi: 10.1002/nmi2.56.
141. Denis, M.A. Selective Chromogenic Plate, YECA, for the Detection of Pathogenic *Yersinia enterocolitica*: Specificity, Sensitivity, and Capacity to Detect Pathogenic *Y. enterocolitica* from Pig Tonsils / M. Denis [et al.] // *Research J. of Pathogens*. – 2011. – Vol. 2011. – 8 p. doi:10.4061/2011/296275.
142. Dolejska, M. High prevalence of antimicrobial-resistant genes and integrons in *Escherichia coli* isolates from black-headed gulls in the Czech Republic / M. Dolejska, A. Cizek, I. Literak // *Journal of Applied Microbiology*. – 2007. – Vol. 103, № 1. – P.11-19.

143. Edwards, A. A distinctive fungal community inhabiting cryoconite holes on glaciers in Svalbard / A. Edwards, B. Douglas, A.M. Anesio // *Fungal Ecology*. – 2013. – Vol.6, № 2. – P. 168-176. doi: 10.1088/1748-9326/8/3/035003.
144. Edwards, A. Coming in from the cold: potential microbial threats from the terrestrial cryosphere // *Frontiers in Earth Science*. – 2015. – Vol. 3. Doi: 10.3389/feart. 2015.00012.
145. Edwards, A. Microbial genomics amidst the Arctic crisis / A. Edwards, K.A. Cameron, J.M. Cook, A.R. Debbonaire, E. Furness, M.C. Hay., S.M.E. Rassner // *Microbial Genomics*. – 2020. – P. 6-11. DOI 10.1099/mgen.0.000375.
146. Fisher, M.C. Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health / M.C. Fisher, D.A. Henk, C.J. Briggs // *Nature*. – 2012. – Vol.484, № 7393. – P. 186-194. doi: 10.1038/nature10947.
147. Foreman C.M., Wolf C.F., Priscu J. C. Impact of warming events // *Aquatic Geochemistry*. – 2004.– Vol. 10, № 3-4. – P. 239-268.
148. Fountain, A. G. The impact of Large-scale climate event on Antarctic ecosystem processes / A. G. Fountain, G. Saba, B. Adams // *BioScience*. – 2016. – Vol. 66. № 10. – P. 848-863. Doi: 10.1093/biosci/biw110.
149. Fountain, A.G. The disappearing cryosphere: impacts and ecosystem responses to rapid cryosphere loss / Fountain A. G., Campbell J.L., Schuur E.A. // *BioScience*. – 2012. – Vol. 62, №4. – P. 405-415.
150. Fountain, A.G. The McMurdo Dry Valley: a landscape on the threshold of change / A.G. Fountain, J.S. Levy, M.N. Gooseff, Van D. Horn // *Geomorphology*. – 2014. – Vol. 225. – P. 25-35.
151. 566. Frank-Fahle, B.A. Microbial functional potential and community composition in permafrost-affected soils of the NW Canadian Arctic / B.A. Frank-Fahle, E. Yergeau, C.W. Greer // *PLoS One*. – 2014. – Vol. 9, № 1. – e84761. Doi: org/10.1371/journal.pone.0084761.
152. Frey, B. Microbial diversity in European alpine permafrost and active layers / B. Frey, T. Rime, M. Phillips // *FEMS microbiology ecology*. – 2016. – Vol. 92, – № 3. P. 1-35.

153. Fredriksson-Ahomaa, M. Low occurrence of pathogenic *Yersinia enterocolitica* in clinical, food, and environmental samples: a methodological problem / M. Fredriksson-Ahomaa, H. Korkeala // Clin Microbiol Rev. – 2003. – Vol. 16, № 2. – P. 220-229.
154. Froese, D.G. Ancient permafrost and a future, warmer Arctic / D.G. Froese, J.A. Westgate, A.V. Reyes, R.J. Enkin, S.J. Preece // Science 2008. 321:1648.
155. Fukushima, H. Geographical heterogeneity between Far Eastern and Western countries in prevalence of the virulence plasmid, the superantigen *Yersinia pseudotuberculosis*-derived mitogen, and the high-pathogenicity island among *Yersinia pseudotuberculosis* strains / H. Fukushima // J. Clin. Microbiol. – 2001. – Vol. 39, № 10. – P. 3541-3547.
156. Fukushima, H. *Yersinia enterocolitica* and *Yersinia pseudotuberculosis* Detection in Foods / H. Fukushima, S. Shimizu, Y. Inatsu // J Pathog. – 2011. – 9 p. doi: 10.4061/2011/735308.
157. Galindo, C.L. Pathogenesis of *Y. enterocolitica* and *Y. pseudotuberculosis* in Human Yersiniosis / C.L. Galindo, J.A. Rosenzweig, M.L. Kirtley, A.K. Chopra // J Pathog. – 2011. – № 182051. doi: 10.4061/2011/182051.
158. Gillings, M.R. Lateral gene transfer, bacterial genome evolution, and Anthropocene // Annals of the New York Academy of Sciences. – 2017. – Vol. 1389, № 1. – P. 20-36.
159. Gilliver, M.A. Antibiotic resistance found in wild rodents / M.A. Gilliver, M. Bennett, M. Begon, S.M. Hazel, C.A. Hart // Nature. – 1999. – 401. – P 233–234.
160. Gittel, A. Site-and horizon-specific patterns of microbial community structure and enzyme activities in permafrost-affected soils of Greenland / A. Gittel, J. Barta, I. Kohoutova // Frontiers in microbiology. – 2014. – Vol. 5. Doi: org/10.3389/fmicb. 2014.00541.
161. Goodwin, K. Glacial transport of human waste and survival of fecal bacteria on Mt. McKinley`s Kahiltna Glacier, Denali National Park, Alaska/ K. Goodwin, M.G. Loso, M. Braun // Arctic, Antarctic and Alpine Research. – 2012. – Vol. 44, № 4. – P. 432-445. doi:10/1657/1938-4246-44.4.432.

162. Gostinear, C. Evolution of fungal pathogens in domestic environments? / C. Gostinear, M. Grube, N. Gunde-Cimerman // *Fungal biology*. – 2011. – Vol. 115, № 10. – P. 1008-1018. Doi: 10.1016/J. funbio.2011.03.004.
163. Groll, A.H. Uncommon opportunistic fungi: new nosocomial threats / A.H. Groll, T. J. Walsh // *Clinical Microbiology and Infection*. – 2001. – Vol.7. – P.8-24. doi: 10.1111/j.1469-0691. 2001.tb00005. x.
164. Griekspoor, P. *Campylobacter jejuni* in penguins, Antarctica / P. Griekspoor, B. Olsen, J Waldenstrom // *Emerging infectious diseases*. – 2009. – Vol.15, № 5. – P. 847-848.
165. Hacker, J. Ecological fitness, genomic islands and bacterial pathogenicity: Darwinian view of the evolution of microbes / J. Hacker, E. Carniel // *EMBO reports*. – 2001. – Vol. 2, № 5. – P. 376-381.
166. Hagen, J.O.J. Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability / J.O.J. Hagen, R. Marchant, H. Nelson // *Polar Regions (Arctic and Antarctic)*. – 2001. – Vol. 16, № 42. – P. 41-841.
167. Hallanvuori, S. Simplified phenotypic scheme evaluated by 16S rRNA sequencing for differentiation between *Yersinia enterocolitica* and *Y. enterocolitica*-like species / S. Hallanvuori, J. Peltola, T. Heiskanen, A. Siitonen // *J Clin Microbiol*. – 2006. – Vol. 44, № 3. – P. 1077-1080.
168. Hernandez, J. Human Pathogens and Antibiotic Resistant in Polar Regions: Doctoral dissertation, Uppsala University, 2014. – 57 p.
169. Houwenhuysse, S. Back to the future in a petri dish; Origin and impact of resurrected microbes in natural populations/ S. Houwenhuysse, E. Macke, L. Reyserhove // *Evolutionary applications*. – 2018. – Vol.11, № 1. – P. 29-41.
170. Hughes, K.A. Long-term survival of human faecal microorganisms on the Antarctic Peninsula / K.A. Hughes, S. J. Nobbs // *Antarctic Science*. – 2004. – Vol. 16, № 3. – P. 293-297.
171. Hurst, M.R.H. *Yersinia entomophaga* sp. nov., isolated from the New Zealand grass grub *Costelytra zealandica* / M.R.H. Hurst // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol*. – 2011 – Vol. 61. – P. 844-849.

172. Imori, P.F. Virulence-related genes, adhesion and invasion of some *Yersinia enterocolitica*-like strains suggests its pathogenic potential / P.F. Imori // *Microb Pathog.* – 2017 – Vol. 104. – P. 72-77.
173. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Geneva, Switzerland, 2014. P. 117–130.
174. Ishimaru, C. A. High-affinity iron uptake systems present in *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* include the hydroxamate siderophore aerobactin / C. A. Ishimaru, J. E. Loper // *Journal of bacteriology.* – 1992. –T. 174, № 9. – P. 2993-3003.
175. Jansson, J.K. The microbial ecology of permafrost / J.K. Jansson, N. Tax // *Nature Reviews Microbiology.* – 2014. – Vol. 12, № 6. – P. 414-425. Doi: 10.1038/nrmicro3262.
176. Jiang, N. Characteristic microbial communities in the continuous permafrost beside the bitumen in Qinghai-Tibetan Plateau / N. Jiang, Y. Li, C. Zheng // *Environmental Earth Sciences.* – 2015. – Vol. 74, № 2. – P. 1343-1352.
177. Joutsen, S. *Yersinia* spp. In Wild Rodents and Shrews in Finland / S. Joutsen // *Vector Borne Zoonotic Dis.* – 2017 – Vol. 17, № 5. – P. 303-311. doi: 10.1089/vbz.2016.2025.
178. Kantor, R. S. Small genomes and sparse metabolisms of sediment-associated bacteria from four candidate phyla / R.S. Kantor, K.C. Wrighton, K.M. Handley // *MBio.* – 2013. – Vol.4. № 5. – P. 1-11.
179. Karch, H. A genomic island, termed high-pathogenicity island, is present in certain non-O157 Shigatoxin-producing *Escherichia coli* clonal lineages/ H. Karch, S. Schubert, D. Zhang // *Infection and immunity.* – 1999. – Vol. 67, № 11. – P. 5994-6001.
180. Karhukorpi, J. Differentiation of *Yersinia enterocolitica* biotype 1A from pathogenic *Yersinia enterocolitica* biotypes by detection of b-glucosidase

- activity: comparison of two chromogenic culture media and Vitek2 / J. Karhukorpi, M. Päivänurmi // *J. Medical Microbiol.* – 2014. – № 63. – P. 34-37. doi: 10.1099/jmm.0.062521-0.
181. 884. Lauro, F.M. An integrative study of meromictic lake ecosystem in Antarctica / F.M. Lauro, M. Z. DeMaere, S. Yau // *The ISME journal.* – 2011. – Vol. 5, № 5. – P. 879-895.
182. Le Guern, A.S. *Yersiniosis* in France: overview and potential sources of infection / A.S. Le Guern, L. Martin, C. Savin, E. Carniel // *Int J Infect Dis.* – 2016. – № 46. – P. 1-7. Doi: 10.1016/j.ijid. 2016.03.008.
183. Lemelin, H. Last-chance tourism: The boom, doom, and gloom of visiting vanishing destinations / H. Lemelin, J. Dawson, E.J. Stewart / Lemelin, H., Dawson J., Stewart E.J. // *Current Issues in Tourism.* – 2010. – Vol.13, № 5. – P. 5477-5493. doi; 10.1080/13683500903406367.
184. Lesic, B The High-Pathogenicity Island: a broad-host-range pathogenicity island / B. Lesic, E. Carniel // Carniel E., Hinnebusch J., editors. *Yersinia: Molecular and Cellular Biology: Horizon Bioscience.* – 2004. – P. 285-306.
185. Lesic, B. A natural system of chromosome transfers in *Yersinia pseudotuberculosis* / B. Lesic, M. Zouine, M. Ducos-Galand // *PLoS genetics.* – 2012. – Vol. 8, № 3. Doi: 10/1128/mBio.01875-14.
186. Lillehaug, A. *Campylobacter* spp., *Salmonella* spp., verocytotoxic *Escherichia coli*, and antibiotic resistance in indicator organisms in wild cervids. *Acta Vet Scand* /A. Lillehaug, B. Bergsjø, J. Schau, T. Bruheim // –2005. – 46 – P. 23–32.
187. Lobanov, A. A. Cryo-technologies of fish storage in the Arctic zone of Western Siberia: “lessons” from indigenous peoples / A. A. Lobanov, R. Yu. Fedorov, S.V. Andronov, R.A. Kochkin, E. N. Bogdanova, I.V. Kobelkova, A. I. Popov, L.P. Lobanova // *Bio-Clim-Land 2019 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 400 (2019) 012019 IOP Publishing. P. 1-7. Doi:10.1088/1755-1315/400/1/012019.

188. Lopatina, A. Activity and bacterial diversity of snow around Russian Antarctic stations/ A. Lopatina, V. Krylenkov, K. Severinov // *Research in microbiology*. – 2013. – Vol. 164, № 9. – P. 949-958.
189. Lopatina, A. Metagenomics analysis of bacterial communities of Antarctic surface snow / A. Lopatina, S. Medvedeva, S. Shmakov // *Frontiers in microbiology*. – 2016. – Vol. 7. Doi: 10/3389/Fmicb.2016.00398.
190. Loftus, C.G. Clinical features of patients with novel *Yersinia* species / C.G. Loftus // *Dig. Dis. Sci. Microbiol.* – 2002. – Vol. 47, № 12. – P. 2805-2810.
191. Malkhazova, S.M. Health risks facing travelers to Russia with special reference to natural-focal diseases / S.M. Malkhazova, V.A. Mironova, N.V. Shartova, P.V. Pestina // *Travel Med. Infect. Dis.* – 2015. – 13. P. 490–498.
192. Martin, L. Characterization of atypical isolates of *Yersinia intermedia* and definition of two new biotypes / L. Martin // *J. Clin. Microbiol.* – 2009. – Vol. 47, № 8. – P. 2376-2380.
193. Merhej, V. *Yersinia massiliensis* sp. nov., isolated from fresh water // V. Merhej // *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* – 2008. – Vol. 58. – P. 779-784.
194. Middleton, J.H. Enumeration and antibiotic resistance patterns of fecal indicator organisms isolated from migratory *Canada geese* (*Branta canadensis*)/J.H. Middleton, A. Ambrose// *J Wildl Dis.* – 2005. – Vol. 41. – P. 334–341
195. Mills, J.N. Potential influence of climate change on vector-born and zoonotic diseases: a review and proposed research plan/ J.N. Mills, K.L. Gage, A.S. Khan// *Environ. Health Perspect.* – 2010. – Vol. 118, № 11. – P. 1507–1514. DOI: 10.1289/ehp.0901389.
196. Mindlin, S. Present-day mercury resistance transposons are common in bacteria preserved in permafrost grounds since the Upper Pleistocene / S. Mindlin, L. Minakhin, M. Petrova // *Research in microbiology*. – 2005. – Vol. 156, № 1. – P. 27-34.
197. Molmeret, M. Amoebae as training grounds for intracellular bacterial pathogens /M. Molmeret, M. Horn, M. Wagner // *Applied and environmental microbiology*. – 2005. – Vol. 71, № 1. – P. 2028.

198. Murros-Konttiainen, A. *Yersinia nurmii* sp. nov. // A. Murros-Konttiainen // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. - 2011. – Vol. 61. – P. 2368-2372.
199. Murros-Konttiainen, A. *Y. pekkanenii* sp. nov. // A. Murros-Konttiainen // Int. J. Syst. Evol. Microbiol. – 2011. – Vol. 61. – P. 2363-2367.
200. Nagano, T. Identification of pathogenic strains within serogroups of *Yersinia pseudotuberculosis* and the presence of non-pathogenic strains isolated from animals and the environment / T. Nagano // J. Vet. Med. Sci. – 1997. – Vol. 59, № 3. – P. 153-158.
201. Najdenski, H. Migratory birds along the Mediterranean/Black Sea Flyway as carriers of zoonotic pathogens /H. Najdenski, T. Dimova, M.M. Zaharieva, B.P. Nikolov// Canadian Journal of Microbiology. – 2018. –WEB –published Aug 16. – <https://doi.org/10.1139/cjm-2017-0763>.
202. Neubauer, H. Comparison of systems for identification and differentiation of species with in the genus *Yersinia* // H. Neubauer // J. Clin. Microbiol. – 1998. – Vol. 36. – P. 3366-3368.
203. Neubauer, H. Strains of *Yersinia wautersii* should continue to be classified as the ‘Korean Group’ of the *Yersinia pseudotuberculosis* complex and not as a separate species / H. Neubauer, L.D. Sprague // Intern. J. Systematic and Evol. Microbiol. – 2015. – № 65.– P. 732-733. doi: 10.1099/ijls.0.070383-0.
204. Nelson, W.C., Stegen J.C. The reduced genomes of Parcubacteria (ODI) contain signatures-ecology, biogeochemistry, and genomics / W.C. Nelson, J.C. Stegen /W.C. Nelson, J.C. Stegen // Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography. – 2010. – Vol. 57, 16. – P. 1519-1536.
205. Olsen, B. *Salmonella enteritidis* in Antarctica; zoonosis in man or humanosis in penguins? / B. Olsen, S. Bergstrom, D.J. McCafferty// The Lancet. – 1996. – Vol. 348, № 9037. – P. 1319-1320.
206. Orlov, D. Healthy Ecosystems Are a Prerequisite for Human Health — A Call for Action in the Era of Climate. Change with a Focus on Russia / D. Orlov, M. Menshakova, T. Thierfelder, Yu. Zaika// Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2020. – 17, 8453; doi:10.3390/ijerph17228453.

207. Orozova, P. Diagnostics and antibiotic resistance of *Yersinia ruckeri* strains isolated from trout fish farms in Bulgaria / P. Orozova, P.V. Chikova. I. Sirakov // International Journal of Development Research. – 2015. – Vol. 5, № 1. – P. 3013-3019.
208. Ozerskaya, S. Fungi in permafrost / S. Ozerskaya, G. Kochkina, N. Ivanushkina, D. A. Gilichinsky // Permafrost soils. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009 – P. 85-95.
209. 1124. Palmgren, H. Salmonella in sub-Antartica: low heterogeneity in Salmonella serotypes in South Georgian seals and birds / H. Palmgren, D. McCafferty, A. Aspan // Epidemiology & Infection. – 2000. – Vol. 125, № 2. – P. 257-262.
210. Paterson, D.L. Resistance in gram-negative bacteria: *Enterobacteriaceae* /D.L. Paterson // American journal of infection control. – 2006. – Vol. 34, № 5. – P. 20-28.
211. Pärn, T. Outbreak of *Yersinia pseudotuberculosis* O:1 infection associated with raw milk consumption, Finland, spring 2014 / T. Pärn // Euro Surveill. – 2015. – Vol. 40, № 20. – 7 p. doi: 10.2807/1560-7917.ES.2015.20.40.30033.
212. Pecl, G.T. Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being /G.T. Pecl, M.B. Araújo, J.D. Bell, J. Blanchard// Science 2017. 355, eaai 9214.
213. Perron, G.G. Functional characterization of bacteria isolated from ancient arctic soil exposes diverse resistance mechanisms to modern antibiotics /Perron G.G., Whyte L., Turnbaugh P.J.// PLoS One. – 2015.- Vol.10, № 3. Doi: 10.1371/Journal.pone.0069533.
214. Petrova, M. Tn5045, a novel integron-containing antibiotic and chromate resistance transposon isolated from a permafrost bacterium / M. Petrova, Z. Gorlenko, S. Mindlin // Research in microbiology. – 2011. – Vol. 163, № 3. – P. 337-345.
215. Petrova M. Genetic structure and biological properties of the first ancient multiresistance plasmid pKLH80 isolated from a permafrost bacterium /M.

- Petrova, A. Kurakov, N. Shcherbatova, S. Mindlin // *Microbiology*. – 2014. – Vol. 160, № 10. – P. 2253-2263. Doi: 10.1099/mic.0.079335-0.
216. Petsios, S. Conventional and molecular methods used in the detection and subtyping of *Yersinia enterocolitica* in food International / S. Petsios, M. Fredriksson-Ahomaa, H. Sakkas, C. Papadopoulou // *J. of Food Microbiol.* – 2016. – Vol. 237. – P. 55–72.
217. Poloczanska, E.S. Global imprint of climate change on marine life. / E.S. Poloczanska, C.J. Brown, W.J. Sydeman, W. Kiessling // *Nat. Clim. Chang.* – 2013. №3. P. 919–925.
218. Rakin, A. Hunger for iron: alternative siderophore iron scavenging systems in highly virulent *Yersinia* / A. Rakin, L. Schneider, O. Podladchikova // *Frontiers in cellular and infection microbiology*. – 2012. – Vol. 2. Doi: org/10.3389/fcimb.2012.00151.
219. Ramamurthy, T. The novel heat-stable enterotoxin subtype gene (ystB) of *Yersinia enterocolitica*: nucleotide sequence and distribution of the yst genes / T. Ramamurthy // *J. Microbial. Pathog.* – 1997. – № 304. – P. 189-200.
220. Rastawicki, W. A dramatic increase of *Yersinia enterocolitica* serogroup O:8 infections in Poland / W. Rastawicki; J. Szych, R. Gierczyński, N. Rokoszet // *Eur. J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.* – 2009. № 28. – P. 535-537.
221. Rastawicki, W. Seasonality of *Yersinia enterocolitica* bioserotype 1B/O:8 infections in Poland / W. Rastawicki // *Epidemiol. Infect.* – 2012. № 6. – P. 1-4.
222. Reed, K. D. Birds, migration and emerging zoonoses: West Nile virus, Lyme disease, influenza A and enteropathogens / K. D. Reed, J. K. Meece, J. S. Henkel, S. K. Shukla // *Clinical medicine and research*. – 2003. – Vol. 1, – P. 5-12.
223. Reuter, S. Parallel independent evolution of pathogenicity within the genus *Yersinia* / S. Reuter // *Proc Natl Acad Sci U S A.* – 2014. – Vol. 111, № 18. – P. 6768-6773. doi: 10.1073/pnas.1317161111.
224. Revich, B.A. Climate change and zoonotic infections in the Russian Arctic / B.A. Revich, N.K. Tokarevicha, A.J. Parkinson // 2012 [https:// doi: org/10.3402/ijch.v71i0.18792](https://doi.org/10.3402/ijch.v71i0.18792).

225. Salkin, I.F. Opportunistic infection of the spleen caused by *Aureobasidium pullulans*/ I. F. Salkin, J.A. Martinez, M.E. Kemma // *Journal of clinical microbiology*. – 1986. – Vol.23, № 5. – P. 828-831.
226. Savin, C. The *Yersinia pseudotuberculosis* complex: Characterization and delineation of a new species, *Yersinia wautersii* // C. Savin // *Int. J. Syst. Med. Microbiol.* – 2014. – Vol. 304. – P. 452-463.
227. Saros, J.E. Melting alpine glaciers enrich high-elevation lakes with reactive nitrogen / J.E. Saros, K.C. Rose, D.W. Clow // *Environmental science & technology*. – 2010. – Vol. 44, № 13. – P. 4891-4896.
228. Schadel, C. Vulnerability of permafrost carbon research coordination network /C. Schadel, E.A.G. Schuur, A.D McGuire // *EGU General Assembly Conference Abstracts*. – 2012. – Vol. 14. – P. 3230.
229. Schuur, E.A.G. Climate change: High risk of permafrost thaw / E.A.G. Schuur, B. Abbott // *Nature*. – 2011. – Vol. 480, № 7375. – P. 32-33.
230. Schuur, E.A.G. Vulnerability of Permafrost Carbon Research Coordination Network / E.A.G. Schuur, A.D. McGuire, J. Canadell // *AGU Fall Meeting Abstracts*. – 2011. – Vol. 35. – P. 6.
231. Schwalm, C.R. A model data intercomparison of CO₂ exchange across North America: Results from the North American Carbon Program site synthesis / C.R. Schwalm, C.A. Williams, K. Schaefer // *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. – 2010. – Vol. 115, № G3. Doi: 10.1029/2009JG001229.
232. Schuur E.A.G., McGuire A.D, Schädel C., Grosse G. Climate change and the permafrost carbon feedback / E.A.G. Schuur, A.D McGuire, C. Schädel, G. Grosse // *Nature*. – 2015, № 520 – P. 171–179.
233. Sedlakova, M.H. Antibiotic consumption and its influence on the resistance in *Enterobacteriaceae* / M.H. Sedlakova, K. Urbanek, V. Vojtova // *BMC research notes*. – 2014. – Vol. 7, № 1. Doi: org/10.1186/1756-0500-7-454.
234. Segawa, T. Distribution of antibiotic resistance genes in glacier environments / T. Segawa, N. Takeuchi, A. Rivera // *Environmental microbiology reports*. – 2013. – Vol. 5, № 1. – P. 127-134. Doi: 11.1111/1758-2229.12011.

235. Semenza, J.C. Mapping climate change vulnerabilities to infection diseases in Europe / J.C. Semenza, J.E. Suk, V. Estevez, K.L. Ebi, E. Lingren // *Environ. Health Perspect.* – 2012. – Vol. 120, № 3. – P. 385–392. DOI: 10.1289/ehp.1103805.
236. Seneviratne, S.I. Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment: an overview of the IPCC SPEX report. / S.I. Seneviratne, N. Nicholls, D. Easterling // *EGU General Assembly Conference Abstracts.* – 2012. – Vol. 14. – P. 152-163.
237. Sihvonen, L.M. *Yersinia enterocolitica* and *Y. enterocolitica*-like species in clinical stool specimens of humans: identification and prevalence of bio/serotypes in Finland / L.M. Sihvonen // *J. Clin. Microbiol. Infect. Dis.* – 2009. – № 28. – P. 757-765.
238. Sjölund, M. Dissemination of Multidrug-Resistant Bacteria into the Arctic / M. Sjölund, J. Bonnedahl, J. Hernandez, S. Bengtsson // *Emerging Infectious Diseases.* 2008. – V. 14. – № 1. – P. 70-72.
239. Slemmons, K.E.H. Implications of nitrogen rich glacial meltwater for phytoplankton diversity and productivity in alpine lakes / K.E.H. Slemmons, J.E. Saros // *Limnology and Oceanography.* – 2012. – Vol. 57, № 6. – P. 1651-1663.
240. Slenning, B. D. Global climate and implications for disease emergence / B. D. Slenning // *Veterinary Pathology.* – 2010. – Vol. 47, № 1. – P. 28-33.
241. Sorte, C.J.B. Marine range shifts and species introductions: Comparative spread rates and community impacts: Range shifts and non-native species introductions / C.J.B. Sorte, S.L. Williams, J.T. Carlton // *Glob. Ecol. Biogeogr.* – 2010. – Vol. 19. – P. 303–316.
242. Spraguet, L.D. *Yersinia aleksiciae* sp. nov. / L.D. Spraguet, H. Neubauer // *Int. J. of Syst. and Evol. Microb.* – 2005. – Vol. 55. – P. 831-835.
243. Spraguet, L.D. *Yersinia similis* sp. nov / L.D. Spraguet // *Int. J. of Syst. and Evol. Microb.* – 2008. – Vol. 58. – P. 952-958.

244. 1408. Statham, J.A. Survival of faecalis bacteria in Antarctic coastal waters /J.A. Statham, T. A. McMeekin // Statham J.A., McMeekin T. A. // Antarctic Science. – 1994. – Vol. 6, № 3. – P. 333-338.
245. Sulakvelidze, A. *Yersiniae* other than *Y. enterocolitica*, *Y. pseudotuberculosis*, and *Y. pestis*: the ignored species / A. Sulakvelidze // Microbes Infection. – 2000. - № 2. P. 497 – 513.
246. Tan, L.K. Evaluation of a modified Cefsulodin-Irgasan-Novobiocin agar for isolation of *Yersinia* / L.K. Tan, P.T. Ooi, E. Carniel, K.L. Thong // PLoS One. – 2014. -Vol. 9, № 8. – 9 p. doi: 10.1371/journal.pone.0106329.
247. Tas, N. Impact of fire on active layer and permafrost microbial communities and metagenomes in an upland Alaskan boreal forest / N. Tas, E. Prestat, J. W. McFarland // The ISME journal. – 2014. – Vol. 8, № 9. – P. 1904-1919.
248. The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2015 // EFSA Journal. – 2016. – Vol.12, № 14. – 231 p. doi: 10.2903/j.efsa.2016.4634.
249. Thoerner, P. PCR detection of virulence genes in *Yersinia enterocolitica* and *Yersinia pseudotuberculosis* and investigation of virulence gene distribution / P. Thoerner // J. Appl. Env. Microb. – 2003. – Vol. 69, № 3. – P. 1810-1816.
250. Timchenko, N.F. Far East Scarlet-Like Fever Caused by a Few Related Genotypes of *Yersinia pseudotuberculosis*, Russia / N.F. Timchenko // Emerg Infect Dis. – 2016. doi: 10.3201/eid2203.150552.
251. Tობბაკ, E. *Yersinia ruckeri* infections in salmonid fish /E. Tობბაკ // J Fish Dis. – 2007. - Vol. 30, № 5. – P. 257-268.
252. Tokarevich, N.K. *Coxiella burnetii* in ticks and wild birds / N.K. Tokarevich, Yu.A. Panferova, O.A. Freylikhman, O.V. Blinova // Ticks and tick-borne diseases. – 2019. – P. 377-385. DOI: 10.1016/j.ttbdis.2018.11.020.
253. Trott, D. β -Lactam resistance in gram-negative pathogens isolated from animals /D. Trott // Current pharmaceutical design. – 2013. – Vol. 19, № 2. – P. 239-249.

254. Tseneva, G. Ya. Pseudotuberculosis in the Russian Federation / G. Ya. Tseneva, M. V. Chesnokova, V. T. Klimov, E. A. Voskresenskaya // *Adv. Exp. Med. Biol.* – 2012. – Vol. 954. – P. 63-68. doi: 10.1007/978-1-4614-3561-7_9.
255. Tsubokura, M. Characterization and pathogenicity of *Yersinia pseudotuberculosis* isolated from swine and other animals / M. Tsubokura // *J. Clin. Microbiol.* – 1984. – Vol. 19. – P. 754-756.
256. Turchetti, B., *Cryptococcus vaughanmartiniae* sp. nov. and *Cryptococcus onofrii* sp. nov.: two new species isolated from worldwide cold, environments / L. Selbmann, R.A. Blanchette // *Extremophiles.* – 2015. – Vol. 19, № 1. – P. 149-159.
257. Tysl, T. Heterolobosean amoebae from Arctic and Antarctic extremes: 18 novel strains of *Allovahlkampfia*, *Vahlkampfia* and *Naegleria* / T. Tysl, K. Skuliniva, J. Kavan // *European journal of protistology.* – 2016. – Vol. 56. – P. 119-133.
258. Upton, M. Detection of Human commensals in the area around an Antarctic research station / M. Upton, T. H. Pennington, W. Haston, K.J. Forbes // *Antarctic Science.* – 1997. – Vol. 9, № 2. – P. 156-161.
259. Ushida, K. Application of real-time PCR array to the multiple detection of antibiotic resistant genes in glacier ice samples / K. Ushida, T. Segawa, S. Kohshima // *The Journal of general and applied microbiology.* - 2010. – Vol. 56, № 1. – P. 43-52. Doi: 10.2323/jgam. 56.43.
260. Van Damme, I. Effect of sampling and short isolation methodologies on the recovery of human pathogenic *Yersinia enterocolitica* from pig tonsils / I. Van Damme, D. Berkvens, L. De Zutter // *Foodborne Pathog Dis.* – 2012. - Vol. 9, № 7. - P. 600–606.
261. Van Uden, N. Temperature profiles of yeasts / N. Van Uden // *Advan. Microbial. Physiol.* – 1984. – Vol. 25. – P. 195-251. doi: 10.1016/S0065-2911(08)60293-3.
262. Viboud, G.I. *Yersinia* outer proteins: role in modulation of host cell signaling responses and pathogenesis / G.I. Viboud, J.B. Bliska // *Annu. Rev. Microbiol.* – 2005. – Vol. 59. – P. 69-81.

263. Vincent, W. F. *Cyanobacterial dominance in the polar regions* / W. F. Vincent // The ecology of cyanobacteria. – Dordrecht: Springer, – 2000. – P. 321-340.
264. Vishnivetskaya, T.A. Commercial DNA extraction kits impact observed microbial community composition in permafrost samples / T.A. Vishnivetskaya, A.C. Layton, M.C. Lau // FEMS microbiology ecology. – 2014. – Vol. 87, № 1. – P. 217-230.
265. Wagner, A. *Yersinia*. Manual of Clinical Microbiology / A. Wagner; editor Patrick R. Murray 9th edition. – Washington, D.C.: ASM Press, 2007. – P. 688-697.
266. Wilkins, D. Key microbial drivers in Antarctic aquatic environments /D. Wilkins, S. Yau, T.J. Williams // FEMS microbiology reviews. – 2013. – Vol. 37, № 3. – P. 303-335.
267. Wooldrige, M. Evidence for the circulation of antimicrobial- resistant strains and genes in nature and especially between humans and animals /M. Wooldrige // Rev Sci Tech. – 2012. – Vol. 31, № 1. – P. 231-247.
268. Yang, S. Pyrosequencing investigation into the bacterial community in permafrost soils along the China-Russia Crude Oil Pipeline (CRCOP) / S. Yang, X. Wen, H. Jin, Q. Wu // PLoS One. – 2012. – Vol. 7, № 12. Doi: org/10.1371/journal.ponr.0052730.
269. Yushkova, L. Joint actions of veterinary experts and physicians when studying climatic changes on the arctic territories /L. Yushkova, B. Balyberdin // Norwegian Journal of Development of the International Science. – 2019. № 28. – P. 55-59.
270. Zakhia, F. Cyanobacteria in cold ecosystems / F. Zakhia, A.D. Jungblut, A. Taton // Psychrophiles: from biodiversity to biotechnology. – Berlin, Heidelberg: Spinger, 2008. – P.121-135.
271. Zalar, P. Redefinition of *Aureobasidium pullulans* and its varieties / P. Zalar, C. Gostincal, G. Hoog // Studies in mycology. – 2008. – Vol. 61. – P. 21-38. Doi: 10.3114/sim.2008.61.02.

Распределение условно-патогенных бактерий по предположительным пищевым цепям биологических систем
Антарктиды

№ п/п	Семейство, род и вид бактерий	№ пробы	Место отбора пробы	Наименование пробы
1	2	3	4	5
1.	Семейство – <i>Micrococcaceae</i> . Род – <i>Arthrobacter</i> . Вид – <i>Achromobacter xylosum</i> .			
1.1	<i>Achromobacter xylosum</i>	59/П 2	Прибрежное дно оз. Степед	Маты цианобактерий 20-30,0
1.2	<i>Achromobacter xylosum</i>	5/5 Р	Район базы Дружная-4	Содержание желудка 1 рыбы
1.3	<i>Achromobacter xylosum</i>	97/14 б	Пирс ст. КНР у ст. Прогресс	Жабры «бычка» без нематод
1.4	<i>Achromobacter xylosum</i>	9/9 Р	Район базы Дружная-4	Содержимое глаза 1 рыбы
2.	Семейство – <i>Alcaligenaceae</i> . Типовой вид рода <i>Alcaligenes</i> – <i>Alcaligenes faecalis</i> – известно 3 подвида.			
2.1	<i>Alcaligenes faecalis</i>	59/П 2	Прибрежное дно оз. Степед	Маты цианобактерий 20-30,0
2.2	<i>Alcaligenes faecalis</i>	59/П 3	Район базы Дружная-4	Желудок 3 рыбы с отходами кухни
2.3	<i>Alcaligenes faecalis</i>	17/17 Р	Район базы Дружная-4	Содержимое глаза 3-й ледяной рыбы
2.4	<i>Alcaligenes faecalis</i>	71/Д NB	Район базы Дружная-4	Погадки хищных птиц
3.	Семейство – <i>Moraxellaceae</i> . Род – <i>Acinetobacter</i> . Виды – <i>Acinetobacter lwoffii</i> и <i>Acinetobacter haemolyticus</i> .			
3.1	<i>Acinetobacter lwoffii</i>	60/П3	Оз. Степед ст. Прогресс	Маты №2 сине-зеленых водорослей
3.2	<i>Acinetobacter lwoffii</i>	13/13 Р	Район базы Дружная-4	Желудок 3 рыбы с отходами кухни
3.1.1	<i>Acinetobacter haemolyticus</i>	74	Вода со ст. Новолазаревская	Фильтры объединенной пробы воды
3.1.2	<i>Acinetobacter haemolyticus</i>	125/3	Пингвина с острова Токарева	Печень взрослого пингвина Адели
3.1.3	<i>Acinetobacter haemolyticus</i>	126/3	Поморники с острова Токарева	Погадка поморника
3.1.4	<i>Acinetobacter haemolyticus</i>	127/3	Поморника с острова Хасуэлл	Содержимое гнезда поморника
4.	Семейство – <i>Enterobacteriaceae</i> . Род – <i>Citrobacter</i> . Вид – <i>Citrobacter freundii</i> .			
4.1	<i>Citrobacter freundii</i>	8/8 Р	Район базы Дружная-4	Кровь (селезенка?) 2-й ледяной рыбы

1	2	3	4	5
4.2	<i>Citrobacter freundii</i>	4/4 Р	Район базы Дружная-4	Содержимое кишечника 2-й рыбы
4.3	<i>Citrobacter freundii</i>	24/7х	О. Хасуэлл у геолог. знака	Грунт колонии пингвинов Адели
4.4	<i>Citrobacter freundii</i>	19/2х	Южный берег остров Токарева	Грунт колонии пингвинов Адели
5.	Семейство – <i>Neisseriaceae</i> . Род – <i>Eikenella</i> . Типовой вид – <i>Eikenella corrodent</i> .			
5.1	<i>Eikinella corrodent</i>	137/1	Биосубстракты со ст. Прогресс	Маты №2 со дна оз. Степед
5.2	<i>Eikinella corrodent</i>	142/1Пл	Ст. Прогресс, оз. Степед	Планктон порция №1
5.3	<i>Eikinella corrodent</i>	142/1Пл	Оз. Рейд базы Лоу Австралии	Планктон в придонном слое
5.4	<i>Eikinella corrodent</i>	120/4	Оз. Рейд базы Лоу Австралии	Прямые посевы воды придонного слоя
5.5	<i>Eikinella corrodent</i>	93/10 б	Пирс ст. КНР у ст. Прогресс	Жабры натотеновой рыбы
5.6	<i>Eikinella corrodent</i>	11/11 Р	Берег базы Дружная-4	Жабры 1-й ледяной рыбы
5.7	<i>Eikinella corrodent</i>	18/1х	Остров Токарева	Грунт колонии пингвинов Адели
5.8	<i>Eikinella corrodent</i>	29/4М	Ст. Мирный у мусоросборника	Проба грунта со следами помета
5.9	<i>Eikinella corrodent</i>	32/7М	Ст. Мирный у кают-кампании	Проба грунта без видимых загрязнений
5.10	<i>Eikinella corrodent</i>	50/7п	Площадка хранения техники	Проба грунта с перьями и помётом
5.11	<i>Eikinella corrodent</i>	71/Д NB	Территория базы Дружная-4	Погадки птиц
5.12	<i>Eikinella corrodent</i>	125/3	Биосубстракты с ос. Токарева	Печень мертвого взрослого Адели
6.	Семейство – <i>Enterobacteriaceae</i> . Род – <i>Klebsiella</i> . Вид – <i>Klebsiella pneumoniae</i> .			
6.1	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	5/5 Р	Район базы Дружная-4	Желудок 1 рыбы с пищевыми отходами
6.2	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	13/13 Р	Район базы Дружная-4	Желудок 3-й рыбы с пищев. отходами
6.3	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	14/11 Р	Район базы Дружная-4	Помёт и перья крупной птицы в луже
7.	Семейство – <i>Neisseriaceae</i> . Род – <i>Kingella</i> . Вид – <i>Kingella denitrificans</i> .			
7.1	<i>Kingella denitrificans</i>	5/5 Р	Район базы Дружная-4	Желудок 1 рыбы с пищевыми отходами
7.2	<i>Kingella denitrificans</i>	4/4 Р	Район базы Дружная-4	Содержимое кишечника 2-й рыбы
7.3	<i>Kingella denitrificans</i>	8/8 Р	Район базы Дружная-4	Кровь (селезенка?) 2-й ледяной рыбы
7.4	<i>Kingella denitrificans</i>	9/9 Р	Район базы Дружная-4	Содержимое глаза 1-й ледяной рыбы

1	2	3	4	5
7.5	<i>Kingella denitrificans</i>	24/7х	Остров Хасуэлл	Грунт колонии пингвинов Адели
7.6	<i>Kingella denitrificans</i>	31/6 М	Ст. Мирный	Грунт около входа в кают-компанию
8.	Семейство – <i>Enterobacteriaceae</i> . Род – <i>Photorhabdus</i> . Вид – <i>Photorhabdus asymbiotica</i> .			
8.1	<i>Photorhabdus asymbiotica</i>	22/5х	Остров Хасуэлл. Мох и гуано.	Грунт колонии пингвинов Адели
8.2	<i>Photorhabdus asymbiotica</i>	49/6П	Ст. Прогресс, чистый склон.	Проба грунта с крупными перьями
9.	Семейство – <i>Pseudomonadaceae</i> . Род – <i>Pseudomonas</i> . Виды – <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>P. putida</i> , <i>P. oryzihabitans</i>			
9.1	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	8/8 Р	Пирс базы Дружная-4	Кровь (селезенка?) 2-й ледяной рыбы
9.2	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	13/13 Р	Пирс базы Дружная-4	Желудок 3-й рыбы с пищев. отходами
9.3	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	112/1К	Пирс ст. КНР у ст. Прогресс	Кишечник в буферном растворе
9.4	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	115/2П	Пирс ст. КНР у ст. Прогресс	Органы рыб, в буферном растворе
9.1.1	<i>Pseudomonas putida</i>	87/4 б	Пирс ст. КНР у ст. Прогресс	Печень, желч. пузырь натотеневых рыб
9.1.2	<i>Pseudomonas putida</i>	87/5 б	Пирс ст. КНР у ст. Прогресс	Печень, желч. пузырь натотеневых рыб
9.1.3	<i>Pseudomonas putida</i>	87/4 б	Антенное поле КНР	Помет поморников рядом с Прогрессом
9.2.1	<i>Pseudomonas luteola</i>	8/8 Р	Р-н полевой базы Дружная-4	Кровь (селезенка?) 2-й ледяной рыбы
9.2.2	<i>Pseudomonas luteola</i>	87/4 б	Пирс ст. КНР у ст. Прогресс	Печень, желч. пузырь «бычка»
9.2.3	<i>Pseudomonas oryzihabitans</i>	117/1	Оз. Кристальное ст. Прогресс	Прямые посевы воды с поверхности
9.2.4	<i>Pseudomonas oryzihabitans</i>	118/2	Оз. Кристальное ст. Прогресс	Прямые посевы воды придонного слоя
9.2.5	<i>Pseudomonas oryzihabitans</i>	121/5	Оз. Степед в ст. Прогресс	Посев с поверхности плавало много ЦБМ
10.	Семейство – <i>Moraxellaceae</i> . Род – <i>Psychrobacter</i> . Вид – <i>Psychrobacter faecalis</i> .			
10.1	<i>Psychrobacter faecalis</i>	8/8 Р	Район базы Дружная-4	Кровь (селезенка?) 2-й ледяной рыбы
10.2	<i>Psychrobacter faecalis</i>	135/10К	Атлантический океан	Защитная жидкость – «Чернила»
10.3	<i>Psychrobacter faecalis</i>	19/2х	Остров Токарева	Грунт колонии пингвинов Адели
11.	Семейство – <i>Enterobacteriaceae</i> . Род – <i>Oligella</i> . Вид – <i>Oligella ureolytica</i> .			
11.1	<i>Oligella ureolytica</i>	9/9 Р	Район базы Дружная-4	Содержимое глаза 1-й ледяной рыбы
11.2	<i>Oligella ureolytica</i>	50/7п	Площадка со старой техникой	Проба грунта

1	2	3	4	5
11.3	<i>Oligella ureolytica</i>	62/П5 NB	Антенное поле КНР Прогресс	Помет и перья гнездования поморников
12.	Семейство – <i>Yersiniaceae</i> . Под – <i>Serratia</i> . Виды – <i>Serratia grimesii</i> , <i>S. liquefaciens</i> , <i>S. marcescens</i> , <i>S. plymuthica</i>			
12.1	<i>Serratia grimesii</i>	13/13 P	Р-н полевой базы Дружная-4	желудка рыбы с пищевыми отходами
12.2	<i>Serratia grimesii</i>	7/7 P	Район базы Дружная-4	Кровь (селезенка?) 1-й ледяной рыбы
12.3	<i>Serratia grimesii</i>	134/10Кп	Атлантический океан	Печень кальмара
12.4	<i>Serratia grimesii</i>	19/2х	О. Токарева северный склон	Грунт колонии пингвинов Адели
12.5	<i>Serratia grimesii</i>	20/3х	О. Токарева южный склон	Грунт колонии пингвинов Адели
12.6	<i>Serratia grimesii</i>	29/4М	Район станции Мирный	Проба грунта с помётом и перьями
12.7	<i>Serratia grimesii</i>	62/П5 NB	Антенное поле КНР Прогресс	Помет в гнезде птенца поморника
12.1.1	<i>Serratia liquefaciens</i>	74	Озеро питья Новолазаревской	Фильтрация объединенной пробы воды
12.1.2	<i>Serratia liquefaciens</i>	136/1	Биосубстракты со ст. Прогресс	Маты №1 с поверхности оз. Степед
12.1.3	<i>Serratia liquefaciens</i>	10/10 P	Р-н полевой базы Дружная-4	Содержимое глаза 2-й ледяной рыбы
12.1.4	<i>Serratia liquefaciens</i>	84/1 б	Пирс КНР рядом с Прогрессом	Глаза натотеновой рыбы – «бычка»
12.1.5	<i>Serratia liquefaciens</i>	104/21 б	Пирс КНР рядом с Прогрессом	Глаз натотеновой рыбы – «бычка»
12.1.6	<i>Serratia liquefaciens</i>	109/2л	Пирс КНР рядом с Прогрессом	Жабры натотеновой рыбы, как «лиса»
12.1.7	<i>Serratia liquefaciens</i>	143/Гл.	Пирс КНР рядом с Прогрессом	Нематоды рыб – 1 час в физрастворе
12.1.8	<i>Serratia liquefaciens</i>	134/10Кп	Выловленные кальмары	Печень кальмара
12.1.9	<i>Serratia liquefaciens</i>	135/10К	Атлантический океан	Защитная темная жидкость кальмара
12.1.10	<i>Serratia liquefaciens</i>	19/2х	О. Токарева – южный склон	Грунт колонии пингвинов Адели
12.1.11	<i>Serratia liquefaciens</i>	20/3х	О. Токарева – северный склон	Грунт колонии пингвинов Адели
12.1.12	<i>Serratia liquefaciens</i>	23/6х	О. Хасуэлл, астрономичес.знак	Грунт колонии пингвинов Адели
12.1.13	<i>Serratia liquefaciens</i>	125/3	Биосубстракты с ос. Токарева	Печень мертвого взрослого Адели
12.1.14	<i>Serratia liquefaciens</i>	131/5К	Пингвин с острова Токарева	Содержимое кишечника птенца Адели
12.2.1	<i>Serratia marcescens</i>	65-68/П8	Ст. Прогресса рядом в долине	Останки птицы в толще льда
12.2.2	<i>Serratia marcescens</i>	127/2г	Биосубстракты ос. Токарева	Содержимое глаза птенца Адели

1	2	3	4	5
12.3.1	<i>Serratia plymuthica</i>	134/10Кп	Атлантический океан	Внутренности кальмара
12.3.2	<i>Serratia plymuthica</i>	143/Гл.	Глисты рыб р-она ст. Прогресс	Посев физраствора, экспозиция в нем 1 ч.
13.	Семейство – <i>Xanthomonadaceae</i> . Род – <i>Stenotrophomonas</i> . Вид – <i>Stenotrophomonas maltophilia</i>			
13.1	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	21/4х	Остров Токарева, южный склон	Грунт колонии пингвинов Адели
13.2	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	24/7х	Остров Хасуэлл, северный склон	Грунт колонии пингвинов Адели
13.3	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	27/2М	Ст. Мирный у мусоросборника	Проба грунта с остатками пищи
13.4	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	63/П6	Ст. Прогресс, у камбуза станции	Помет поморников с поверхности пищевых отходов

Штаммы бактерий, выделенных на Шпицбергене и идентифицированные с помощью масс-спектрометрии (MALDI ToF MS)

Тип образца	№ пробы	Вид бактерий
1	2	3
Помёт и фекалии млекопитающих	1	<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Enterococcus hirae</i>
	5	<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
	8	<i>Arthrobacter citreus</i>
		<i>Myroides odoratimimus</i>
	11	<i>Escherichia coli</i>
		<i>Enterobacter cloacae</i>
	12	<i>Enterococcus faecalis</i>
		<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
	13	<i>Bacillus sp.</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
	15	<i>Enterobacter cloacae</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Clostridium tertium</i>
	16	<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>
		<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
		<i>Enterobacter cloacae</i>
	18	<i>Pantoea agglomerans</i>
		<i>Bacillus pumilus</i>
		<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
		<i>Enterococcus faecalis</i>
	19	<i>Enterococcus faecalis</i>
	30	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
	31	<i>Bacillus cereus</i>
		<i>Serratia fonticola</i>
		<i>Enterococcus faecalis</i>
	36	<i>Enterobacter cloacae</i>
<i>Acinetobacter sp.(calcoaceticus)</i>		
37	<i>Aerococcus viridans</i>	
	<i>Staphylococcus vitulinus</i>	
38	<i>Escherichia coli</i>	
	<i>Bacillus cereus</i>	

1	2	3
Помёт и фекалии млекопитающих	38	<i>Enterococcus faecalis</i>
		<i>Acinetobacter johnsonii</i>
	40	<i>Enterobacter cloacae</i>
	41	<i>Escherichia coli</i>
		<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>
	62	<i>Staphylococcus warneri</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Aerococcus viridans</i>
	63	<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Enterobacter cloacae</i>
		<i>Pseudomonas stutzeri</i>
	64	<i>Escherichia coli</i>
		<i>Enterococcus faecalis</i>
		<i>Enterobacter cloacae</i>
	65	<i>Enterobacter cloacae</i>
	67	<i>Escherichia coli</i>
		<i>Staphylococcus sciuri</i>
	70	<i>Escherichia coli</i>
	71	<i>Enterobacter cloacae</i>
	73	<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
	80	<i>Enterococcus faecalis</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Enterobacter cloacae</i>
	82	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
		<i>Enterococcus faecalis</i>
		<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
	83	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
		<i>Enterococcus faecalis</i>
		<i>Acinetobacter sp.</i>
84	<i>Aerococcus viridans</i>	
	<i>Enterobacter sp.</i>	
	<i>Enterobacter cloacae</i>	
87	<i>Enterococcus faecalis</i>	
	<i>Arthrobacter sp.</i>	
	<i>Pseudomonas sp.</i>	
	<i>Pseudomonas sp.</i>	
	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	
88	<i>Stenotrophomonas rhizophila</i>	
89	<i>Escherichia coli</i>	
90	<i>Escherichia coli</i>	

1	2	3
Помёт и фекалии млекопитающих	91	<i>Enterococcus faecium</i>
	92	<i>Paenibacillus amylolyticus</i>
		<i>Acinetobacter sp.</i>
110	<i>Staphylococcus sp.(equorum)</i>	
Циано- бактериальные маты	2	<i>Aeromonas sp.</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Acinetobacter sp.(calcoaceticus)</i>
	6	<i>Staphylococcus capitis</i>
	7	<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Yersinia intermedia</i>
	9	<i>Enterobacter cloacae</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
	17	<i>Yersinia intermedia</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
	28	<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Aerococcus viridans</i>
		<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>
		<i>Enterococcus faecalis</i>
	29	<i>Paenibacillus amylolyticus</i>
		<i>Escherichia coli</i>
	48	<i>Enterococcus faecalis</i>
		<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
	54	<i>Staphylococcus vitulinus</i>
<i>Enterobacter cloacae</i>		
<i>Acinetobacter sp.</i>		
<i>Pseudomonas sp.</i>		
55	<i>Staphylococcus warneri</i>	
Вода поверхностных водоёмов	56	<i>Enterococcus faecalis</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
	78	<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>
	103	<i>Enterobacter cloacae</i>
		<i>Enterococcus casseliflavus</i>
	115	<i>Staphylococcus warneri</i>
		<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
<i>Enterobacter cloacae</i>		
116	<i>Bacillus cereus</i>	
	<i>Bacillus licheniformis</i>	

1	2	3
Вода поверхностных водоёмов	3	<i>Aerococcus viridans</i>
	4	<i>Aerococcus viridans</i>
		<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Enterobacter cloacae</i>
	20	<i>Escherichia coli</i>
	21	<i>Staphylococcus warneri</i>
		<i>Staphylococcus pasteurii</i>
		<i>Staphylococcus epidermidis</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
	22	<i>Pantoea agglomerans</i>
		<i>Acinetobacter sp. (pittii)</i>
		<i>Acinetobacter radioresistens</i>
		<i>Staphylococcus pasteurii</i>
		<i>Serratia foticola</i>
		<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>
	23	<i>Aerococcus viridans</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Enterobacter cloacae</i>
		<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>
	25	<i>Yersinia intermedia</i>
		<i>Acinetobacter sp.</i> <i>(calcoaceticus/pittii)</i>
		<i>Staphylococcus epidermidis</i>
		<i>Staphylococcus pasteurii</i>
		<i>Brevundimonas diminuta</i>
	33	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
		<i>Citrobacter gillenii</i>
		<i>Enterococcus avium</i>
		<i>Bacillus cereus</i>
	34	<i>Enterobacter cloacae</i>
		<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
	35	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
		<i>Acinetobacter pittii</i>
<i>Bacillus sp.(subtilis)</i>		
44	<i>Pseudomonas sp.</i>	
	<i>Pseudomonas sp.</i>	
45	<i>Aerococcus viridans</i>	
46	<i>Enterococcus hirae</i>	
	<i>Bacillus cereus</i>	

1	2	3
Вода поверхностных водоёмов	49	<i>Enterobacter cloacae</i>
		<i>Acinetobacter radioresistens</i>
	51	<i>Aerococcus viridans</i>
		<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
		<i>Enterobacter cloacae</i>
		<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
		<i>Staphylococcus lugdunensis</i>
		<i>Staphylococcus epidermidis</i>
		<i>Escherichia coli</i>
	53	<i>Yersinia intermedia</i>
		<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
	60	<i>Acinetobacter radioresistens</i>
		<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>
		<i>Enterobacter cloacae</i>
		<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
		<i>Staphylococcus warneri</i>
	61	<i>Streptococcus crispatus</i>
		<i>Enterobacter cloacae</i>
	68	<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>		
76	<i>Enterobacter cloacae</i>	
	<i>Aerococcus viridans</i>	
	<i>Pantoea agglomerans</i>	
	<i>Acinetobacter sp.</i>	
77	<i>Leuconostoc lactis</i>	
102	<i>Enterobacter cloacae</i>	
	<i>Acinetobacter sp.</i>	
105	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	
	<i>Arthrobacter sp.</i>	
	<i>Acinetobacter sp.</i>	
	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	
106	<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>	
118	<i>Acinetobacter sp.</i>	
119	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	
Снег	10	<i>Acinetobacter sp.</i>
		<i>Staphylococcus hominis</i>
		<i>Acinetobacter sp.</i>
		<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
		<i>Acinetobacter pittii</i>
		<i>Enterobacter cloacae</i>

1	2	3
Снег	49	<i>Acinetobacter sp.</i>
		<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>
	69	<i>Staphylococcus hominis</i>
		<i>Enterobacter cloacae</i>
		<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
		<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
		<i>Providencia sp.</i>
Погадки хищных птиц	27	<i>Enterococcus faecalis</i>
	32	<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>
		<i>Staphylococcus hominis</i>
		<i>Acinetobacter sp. (calcoaceticus)</i>
59	<i>Pseudomonas sp.</i>	
Осадок в трубе канализации	42	<i>Yersinia intermedia</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Aneurinibacillus migulanus</i>
		<i>Bacillus cereus</i>
Почва и грунт	43	<i>Pantoea agglomerans</i>
	47	<i>Bacillus cereus</i>
		<i>Acinetobacter sp.</i>
	50	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
		<i>Aerococcus viridans</i>
		<i>Bacillus pumilus</i>
	52	<i>Acinetobacter sp.</i>
112	<i>Enterococcus faecalis</i>	
Останки птицы	57	<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>
		<i>Enterobacter cloacae</i>
	58	<i>Enterobacter cloacae</i>
	66	<i>Acinetobacter johnsonii</i>
		<i>Enterococcus faecalis</i>
113	<i>Enterobacter cloacae</i>	
Яйца птиц	72	<i>Enterococcus faecalis</i>
		<i>Escherichia coli</i>
	74	<i>Aerococcus viridans</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Clostridium tertium</i>
	75	<i>Enterococcus faecalis</i>
	99	<i>Acinetobacter sp.</i>
	100	<i>Enterococcus faecalis</i>
101	<i>Aerococcus viridans</i>	
	<i>Acinetobacter sp.</i> (<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>)	

1	2	3
	69	<i>Acinetobacter pittii</i>
		<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>
		<i>Staphylococcus hominis</i>
		<i>Enterobacter cloacae</i>
		<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
		<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
		<i>Providencia sp.</i>
Погадки хищных птиц	27	<i>Enterococcus faecalis</i>
	32	<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>
		<i>Staphylococcus hominis</i>
59	<i>Acinetobacter sp. (calcoaceticus)</i>	
Осадок в трубе канализации	42	<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>
		<i>Staphylococcus hominis</i>
		<i>Acinetobacter sp. (calcoaceticus)</i>
Почва и грунт	43	<i>Yersinia intermedia</i>
	47	<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Aneurinibacillus migulanus</i>
	50	<i>Bacillus cereus</i>
		<i>Pantoea agglomerans</i>
		<i>Bacillus cereus</i>
	52	<i>Acinetobacter sp.</i>
112	<i>Acinetobacter sp.</i>	
Останки птицы	57	<i>Enterococcus faecalis</i>
		<i>Carnobacterium maltaromaticum</i>
	58	<i>Enterobacter cloacae</i>
	66	<i>Enterobacter cloacae</i>
		<i>Acinetobacter johnsonii</i>
113	<i>Enterococcus faecalis</i>	
Яйца птиц	72	<i>Enterobacter cloacae</i>
		<i>Enterococcus faecalis</i>
	74	<i>Escherichia coli</i>
		<i>Aerococcus viridans</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
	75	<i>Clostridium tertium</i>
	99	<i>Enterococcus faecalis</i>
	100	<i>Acinetobacter sp.</i>
101	<i>Enterococcus faecalis</i>	
	<i>Aerococcus viridans</i>	
		<i>Acinetobacter sp.</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>

1	2	3
Яйца птиц		<i>Enterococcus faecalis</i>
		<i>Enterobacter cloacae</i>
		<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
Гнёзда птиц	79	<i>Escherichia coli</i>
		<i>Enterococcus faecalis</i>
		<i>Pseudomonas stutzeri</i>
	93	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>
	94	<i>Acinetobacter johnsonii</i>
		<i>Pseudomonas sp.</i>
		<i>Enterococcus faecium</i>
		<i>Escherichia coli</i>
		<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>
	95	<i>Bacillus cereus</i>
	97	<i>Escherichia coli</i>
	98	<i>Enterococcus faecium</i>
		<i>Staphylococcus sp.</i>
<i>Enterococcus faecalis</i>		
<i>Staphylococcus equorum</i>		
<i>Lysinibacillus sp</i>		
Биообрастание	111	<i>Acinetobacter sp.</i>
		<i>Pantoea agglomerans</i>

Результаты выделения штаммов рода *Yersinia* в СЭО Ленинградского гарнизона за 23 года (с 1979 по 2001 гг.)

Виды иерсиний	Выборка по годам	1979	1980	1981	1982	1983	За 5 лет	1984	1985	1986	1987	1988	За 5 лет	1989	1990	1991	1992	1993	За 5 лет	1994	1995	1996	1997	1998	За 5 лет	1999	2000	2001	За 23 года	
<i>Yersinia pseudotuberculosis</i>	А	70	31	45	7	93	246	2	4	7	17	15	45	11	3	9	1	2	26									6	323	
	Б	70	31	45	7	71	224	2	4	7	17	15	45	11	2	9		1	23										292	
	В					22	22							1		1		2									6	30		
	Г																	1	1										1	
<i>Yersinia enterocolitica</i>	А	7	2	33	18	56	116	67	47	47	64	97	322	64	31	25	16	47	183	19	14	21	30	15	99	8	33	23	784	
	Б		1	3	2	1	7			2	21	4	27	3		4			7										41	
	В	7	1	30	16	53	107	60	41	42	42	89	274	56	31	21	15	47	170	19	14	17	30	15	95	2	25	17	690	
	Г					2	2	7	6	3	1	4	21	5			1		6			4			4	6	8	6	53	
<i>Yersinia intermedia</i>	А					1	1	2	2	4	3		11	3					3			2			2	2	2		21	
	Б								1				1																1	
	В							2	1	4	3		10	3					3			2			2		2		17	
	Г					1	1																			2			3	
<i>Yersinia kristensenii</i>	А					4	4	29	10	9	23	21	92	8	3	2	3	5	21	12	1	10	4		27	3	30	4	181	
	Б								1			2	3	1					1										4	
	В					3	3	24	7	5	23	18	77	7	3	2	3	5	20	2	1		4		7	1	26	3	157	
	Г					1	1	5	3	3		1	12													2	4	1	20	
<i>Yersinia frederiksenii</i>	А							1	6	7	4	4	22	5	3	4	3	6	21			2			2	2	2	8	1	56
	Б										2		2																2	
	В							1	6	6	2	3	18	5	3	4	2	6	20			2			2		8		48	
	Г								1		1	1	2				1		1							2		1	6	
Всего	А	77	33	78	25	154	367	101	69	73	111	137	492	91	40	40	23	60	254	31	15	35	34	15	130	15	79	28	1365	
	Б	70	32	48	9	72	231	2	4	9	40	21	76	15	2	13		1	31										338	
	В	7	1	30	16	78	132	86	56	57	70	110	379	71	38	27	21	58	215	31	15	31	34	15	126	3	67	20	942	
	Г					4	4	12	9	7	1	6	36	5			2	1	8			4			4	12	12	8	83	

Примечания: А – количество выделенных штаммов иерсиний за определенный период;

В – количество выделенных штаммов иерсиний из объектов окружающей среды;

Б – количество выделенных штаммов иерсиний из клинического материала; Г – количество выделенных штаммов иерсиний из полевого материала;

Курсивом – сумма выделенных штаммов за определенный период;

Жирным - выделенный штамм иерсинии из одного организованного коллектива.

Результаты выделения штаммов иерсиний в отделении лабораторного контроля 1410 ЦГСЭН МО за 8 лет (с 2003 по 2011 гг.)

Виды иерсиний	2003	2004	2005	2006	За 4 года	2007	2008	2009	2010	За 4 года	За 8 лет
<i>Yersinia pseudotuberculosis</i>				2*	2						2
<i>Yersinia enterocolitica</i>	7	21	4	7	39	17	10	8	10	45	84
<i>Yersinia intermedia</i>		2			2	2	1	1		4	6
<i>Yersinia kristensenii</i>		8	3	4	15	9	7	2	6	24	39
<i>Yersinia frederiksenii</i>		3	2	3	8	2		1	1	4	12
Всего	7	34	9	16	65	30	18	12	17	77	143

Примечания:

А – количество выделенных штаммов иерсиний за определенный период;

Б – количество выделенных иерсиний из клинического материала;

В – количество выделенных иерсиний из объектов окружающей среды;

Г – количество выделенных иерсиний из полевого материала;

* – выделенные иерсинии из одного организованного коллектива.

Определение факторов патогенности и биохимическая характеристика штаммов иерсиний в Ленинградском гарнизоне
в объектах окружающей среды за 2005 год

№ п/ п	Д а т а	М е с т о	О б ъ е к т	№ а н а л и з а	Штаммы иерсиний	П л а з м и д а pYV (ysc Q)	Факторы патогенности в ПЦР							Биохимическая характеристика											
							Плазмидные Y. ptbc pYV (yop M)	Хромосомные Y. ptbc YPM (ypmA/C)	Хромосомные Y. ptbc HPI (fyu A)	Хромосомные Y. ptbc YAPI (pil)	Y. en- tero- coli- tika Ail (ail)	Ys tA	Ys tB	М А Л Ь Т О З А	М А Н Н И Т	С А Х А Р О З А	Р А М Н О З А	С О Р Б И Т	М О Ч Е В И Н А	F- Pr 22 - 24 °C	По- д- ви- ж- но- ст- ь 22 - 24° C	И Н Д О Л	К С И Л О З А	С А Л И Ц И Н	Р А Ф И Н О З А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1.	8.12	В/ч 03215	капуста	1202	<i>Y. kristensenii</i>	-	-	-	-	-	-			+	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-
2.	31.0 1.	ВМИР Э	свекла	1203	<i>Y. frederiksenii</i>	-	-	-	-	-	-			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
3.	-/-	-/-	морковь	1204	<i>Y. enterocolitika I-A</i>	+	-	-	-	-	-			+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-
4.	30.0 3.	ПВИР Э	-/-	1205	<i>Y. kristensenii</i>	+	-	-	-	-	-			+	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-
5.	-/-	-/-	свекла	1206	<i>Y. enterocolitika I-A</i>	+	-	-	-	-	-			+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-
6.	-/-	-/-	капуста	1207	<i>Y. enterocolitika I-A</i>	+	-	-	-	-	-			+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-
7.	27.0 4	ВМИР Э	картофель	1208	<i>Y. enterocolitika I-A</i>	+	-	-	-	-	-			+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-
8.	-/-	-/-	морковь	1209	<i>Y. frederiksenii</i>	-	-	-	-	-	-			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
9.	-/-	-	-/-	1210	<i>Y. kristensenii</i>	+	-	-	-	-	-			+	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-

Определение факторов патогенности и биохимическая характеристика штаммов иерсиний в Ленинградском гарнизоне
в объектах окружающей среды за 2006 год

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
1.	24.01.	ПВИРЭ	морковь	1211	<i>Y. enterocolitika I-A</i>	+	-	-	-	-	-				+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	
2.	-//-	-//-	капуста	1212	<i>Y. enterocolitika I-A</i>	+	-	-	-	-	-				+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	
3	26.01	35 ВМГ	картофель	1213	<i>Y. enterocolitika I-A</i>	-	-	-	-	-	-				+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	
4	-//-	-//-	-//-	1214	<i>Y. frederiksenii</i>	-	-	-	-	-	-				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	
5	28.02	I ВМКГ	морковь	1215	<i>Y. kristensenii</i>	+	-	-	-	-	-				+	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	
6	-//-	-//-	лук репчат	1216	<i>Y. kristensenii</i>	+	-	-	-	-	-				+	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	
7	23.03	-//-	свекла	1217	<i>Y. enterocolitika I-A</i>	+	-	-	-	-	-				+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	
8	18.04	ВМИРЭ	лук репчат	1218	<i>Y. enterocolitika I-A</i>	-	-	-	-	-	-				+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	
9	12.05	НВМУ	морковь	1219	<i>Y. enterocolitika I-A</i>	-	-	-	-	-	-				+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	
10	-//-	-//-	-//-	1220	<i>Y. kristensenii</i>	+	-	-	-	-	-				+	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	
11	-//-	-//-	капуста	1221	<i>Y. pseudotuberculosis</i>	+	+	+	-	+	-				+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	
12	-//-	-//-	лук	1222	<i>Y. pseudotuberculosis</i>	+	+	-	-	+					+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	
13	17.05	ПВИРЭ	картофель	1223	<i>Y. enterocolitika I-A</i>	-	-	-	-	-	-				+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	
14	-//-	-//-	-//-	1224	<i>Y. kristensenii</i>	-	-	-	-	-	-				+	+	-	-	+	+	-	+	-	+	-	
15	-//-	-//-	-//-	1225	<i>Y. frederiksenii</i>	-	-	-	-	-	-				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
16	-//-	-//-	капуста	1226	<i>Y. frederiksenii</i>	-	-	-	-	-	-				+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
17	-//-	-//-	-//-	1292	<i>Y. pseudotuberculosis</i>	+	+	+	-	+	-				+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	
18	-//-	ПЧС	музейн. шт	1295	<i>Y. pseudotuberculosis</i>	+	+	-	-	+	-				+	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	
19	24.11	ВИ	картофель	1294	<i>Y. enterocolitica I-)</i>	+	-	-	-	-	-				+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	
20	-//-	-//-	лук	1293	<i>Y. enterocolitica II</i>	+	-	-	-	-	-				+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	
21	24.11	ВМИ	картофель	1294	<i>Y. enterocolitica II</i>	+	-	-	-	-	-				+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	
22	-//-	-//-	морковь	1295	<i>Y. enterocolitica I-A</i>	+	-	-	-	-	-				+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	

Основные биохимические, ферментативные свойства и определение подвижности бактерий рода *Yersinia*

Тест или субстрат	<i>Y. pseudotuberculosis</i>	<i>Y. enterocolitica</i>						<i>Y. enterocolitica</i> sudspp. <i>paleartctica</i>	<i>Y. massiliensis</i>	<i>Y. intermedia</i>	<i>Y. kristensenii</i>	<i>Y. ruckeri</i>	<i>Y. similis</i>	<i>Y. aldovae</i>	<i>Y. rohdei</i>	<i>Y. mollaretti</i>	<i>Y. bercovieri</i>	<i>Y. frederiksenii</i>	<i>Y. aleksiciae</i>	<i>Y. nurmi</i>	<i>Y. pekkanenii</i>	<i>Y. entemophaga</i>
		БИОВАРЫ																				
		I		II	III	IV	V															
		IA	IB																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Лактоза	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+/-	+	-	-	+/-	+	+	-	+/-		+
Мальтоза	+	+	+	+	+	+	+			+	+	+/-		-	-	+/-	+	+		+/-		+
Маннит	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+		+	+	+	+	+		+	+	+
Мелибиозы	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+
Сахароза	-	+	+-	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-/+	+	+	+	+	-	-	+	+
Рамноза	+	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+
Сорбит	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+/-	-	+	+	+	+	+	+	+/-	+	+
Мочевина	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+/-	+	+	+	+	-	+
Индол	-	+	+	+	+/-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+

Салицин (24ч)		-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-/+	-/+	+	-	-	+	
Трегалоза		+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Цитрат Симмонса		-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	(+)	-	-	-	-	-	-/+	-	(+)	-	-/+
Фенилаланин		-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
Орнитинде-карбоксилаза		-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+/-	+	+	+	+	+	+	+
Гидролиз эскулина (24ч)		+	+/-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	+	-	-/+	-/+	+	-	-	+	+	
Липаза (Твин-80)		-	+	+	-	-	-	-	-	-/+	-	В	-	-	-	-	-	В	В	В	В	В	
Реакция Фогеса-Проскауэра	26±2°C	-	+	+	+	-	+	+	-	-	+	-	-/+	-	+	-	-	-	+	-/+	-	+	+
	37±1°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Подвижность	22-25°C	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+/-	+	+	+	+	+	+	+/-	+	+	+
	37-38°C	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-

«+» – положительная реакция;

«(+») – положительная реакция только при (26±2) °С;

«-/+» – положительная реакция меньше чем у 50% культур;

«-» – отрицательная реакция; «Пустая клетка» – нет сведений.

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ СРЕДСТВ МЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ»
(ФГБУ «НЦЭСМП» Минздрава России)

Юридический адрес: 127051, Москва, Петровский бульвар, д. 8, тел. (495) 234-61-06, факс (495) 625-43-50
Фактический адрес: 119002, Москва, пер. Сивцев Вражек, д. 41, тел. (499) 241-46-13, (499) 241-31-19

СВИДЕТЕЛЬСТВО
о депонировании штаммов

Государственной коллекцией патогенных микроорганизмов III-IV групп патогенности ФГБУ «Научный центр экспертизы средств медицинского применения» Минздрава России принят на депонирование штамм *Yersinia aleksiciae* № 1311.

Данный штамм предлагается авторами в качестве тест-штамма при идентификации иерсиний.

Штамм получен из ФБУН «Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Пастера» Роспотребнадзора и депонирован под номером 301.

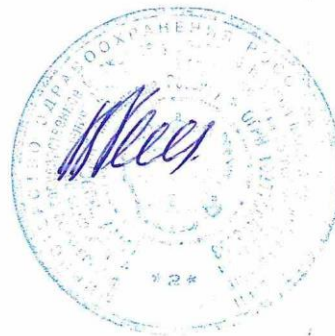
Штамм находится в лиофилизированном состоянии.

Авторы: Панин А.Л., Муравьева М.Г., Богумильчик Е.А., Воскресенская Е.А., Ценева Г.Я., Климов В.Т., Чеснокова М.В., Афанасьев М.В.

Адрес депозитора: 197101, г. Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 14.

Адрес коллекции: 119002, г. Москва, пер. Сивцев Вражек, д. 41, Центр экспертизы и контроля медицинских иммунобиологических препаратов ФГБУ «Научный центр экспертизы средств медицинского применения» Минздрава России.

Директор ЦЭК МИБП ФГБУ «НЦЭСМП»
Минздрава России



В.П. Бондарев

« 27 » 01 20 15 г.

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ СРЕДСТВ МЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ»
(ФГБУ «НЦЭСМП» Минздрава России)

Юридический адрес: 127051, Москва, Петровский бульвар, д. 8, стр. 2, тел. (495) 234-61-06, факс (495) 625-43-50
Фактический адрес: 119002, Москва, пер. Сивцев Вражек, д. 41, тел. (499) 241-46-13, (499) 241-31-19

СВИДЕТЕЛЬСТВО о депонировании штаммов

Государственной коллекцией патогенных микроорганизмов III-IV групп патогенности ФГБУ «Научный центр экспертизы средств медицинского применения» Минздрава России принят на депонирование штамм *Yersinia intermedia* №1360.

По данным авторов, штамм предназначен для использования в качестве тест-штамма для идентификации иерсиний.

Штамм получен из ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера Роспотребнадзора и депонирован под номером 318.

Штамм находится в лиофилизированном состоянии.

Авторы: Воскресенская Е.А., Богумильчик Е.А., Кокорина Г.И., Панин А.Л.

Адрес депозитора: 197101, г. Санкт-Петербург, Мира ул., д. 14.

Адрес коллекции: 119002, г. Москва, пер. Сивцев Вражек, д. 41, Центр экспертизы и контроля медицинских иммунобиологических препаратов ФГБУ «Научный центр экспертизы средств медицинского применения» Минздрава России.

Директор ЦЭК МИБП ФГБУ «НЦЭСМП»
Минздрава России



В.П. Бондарев

«29» сентября 2017 г.

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ СРЕДСТВ МЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ»
(ФГБУ «НЦЭСМП» Минздрава России)

Юридический адрес: 127051, Москва, Петровский бульвар, д. 8, стр. 2, тел. (495) 234-61-06, факс (495) 625-43-50
Фактический адрес: 119002, Москва, пер. Сивцев Вражек, д. 41, тел. (499) 241-46-13, (499) 241-31-19

СВИДЕТЕЛЬСТВО о депонировании штаммов

Государственной коллекцией патогенных микроорганизмов III-IV групп патогенности ФГБУ «Научный центр экспертизы средств медицинского применения» Минздрава России принят на депонирование штамм *Yersinia frederiksenii* №1366.

По данным авторов, штамм предназначен для использования в качестве тест-штамма для идентификации иерсиний.

Штамм получен из ФБУН НИИ эпидемиологии и микробиологии имени Пастера Роспотребнадзора и депонирован под номером 319.

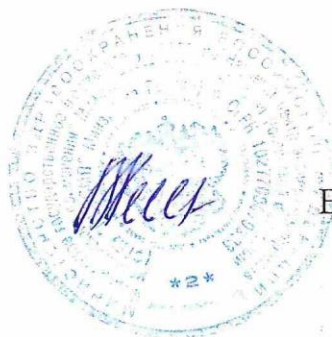
Штамм находится в лиофилизированном состоянии.

Авторы: Воскресенская Е.А., Богумильчик Е.А., Кокорина Г.И., Панин А.Л.

Адрес депозитора: 197101, г. Санкт-Петербург, Мира ул., д. 14.

Адрес коллекции: 119002, г. Москва, пер. Сивцев Вражек, д. 41, Центр экспертизы и контроля медицинских иммунобиологических препаратов ФГБУ «Научный центр экспертизы средств медицинского применения» Минздрава России.

Директор ЦЭК МИБП ФГБУ «НЦЭСМП»
Минздрава России



В.П. Бондарев

«29» декабря 2017 г.

Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование
Российской Федерации

3.1.1. ПРОФИЛАКТИКА ИНФЕКЦИОННЫХ БОЛЕЗНЕЙ.
КИШЕЧНЫЕ ИНФЕКЦИИ

**Эпидемиологический надзор
и профилактика псевдотуберкулеза
и кишечного иерсиниоза**

Методические указания
МУ 3.1.1.2438—09

Издание официальное

Москва • 2010

ББК 51.9
Э71

Э71 Эпидемиологический надзор и профилактика псевдотуберкулеза и кишечного иерсиниоза: Методические указания.—М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010.—52 с.

ISBN 978—5—7508—0824—3

1. Разработаны Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Ю. В. Демина); ФГУН «Санкт-Петербургский НИИ эпидемиологии и микробиологии им. Пастера» Роспотребнадзора (Г. Я. Ценева, Е. А. Воскресенская, Е. А. Богумильчик, А. Л. Панин); ФГУН ГИСК им. Л. А. Тарасевича Роспотребнадзора (Л. В. Саяпина, А. Н. Малахаева); ФГУЗ «Иркутский орден Трудового Красного Знамени научно-исследовательский протivotочумный институт Сибири и Дальнего Востока» Роспотребнадзора (М. В. Чеснокова, В. Т. Климов, К. А. Тирских, Л. К. Иванова, М. Б. Черепанова).
2. Рекомендованы к утверждению Комиссией по санитарно-эпидемиологическому нормированию при Федеральной службе по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (протокол от 25 декабря 2008 г. № 3).
3. Утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г. Г. Онищенко 22 января 2009 г.
4. Введены в действие с 1 марта 2009 г.
5. Введены впервые.

ББК 51.9

Редакторы Л. С. Кучурова, Е. В. Николаева
Технический редактор Г. И. Климова

Подписано в печать 29.01.10

Лист. а. 3,25
Знак 4

Тираж 500 экз.

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
127994, Москва, Вадковский пер., д. 18, стр. 5, 7

Оригинал-макет подготовлен к печати и тиражирован отделом издательского обеспечения

Федерального центра гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора
117105, Москва, Варшавское ш., 19а
Отделение реализации, тел./факс 957-50-09

© Роспотребнадзор, 2010
© Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010

Содержание

1. Область применения.....	4
2. Термины и сокращения.....	4
3. Общие сведения.....	5
3.1. Возбудители.....	5
3.2. Эпидемиология.....	7
3.2.1. Источники, пути и факторы передачи инфекций.....	7
3.2.2. Проявления эпидемиологического процесса.....	9
4. Эпидемиологический надзор.....	9
5. Мониторинг заболеваемости.....	11
5.1. Клиническая диагностика случаев псевдотуберкулеза и кишечного иерсиниоза.....	11
5.2. Лабораторная диагностика.....	15
5.2.1. Организация лабораторных исследований материалов от больных (подозрительных на заболевание) иерсиниозными инфекциями.....	15
5.2.2. Методы исследований и оценка результатов.....	16
5.3. Регистрация случаев иерсиниозных инфекций.....	17
6. Мониторинг возбудителя.....	18
7. Эпидемиологическая диагностика.....	20
8. Эпидемиологический прогноз.....	25
9. Профилактические мероприятия.....	25
10. Противозидемические мероприятия.....	27
10.1. Противозидемические мероприятия при выявлении предпосылок и предвестников эпидемического неблагополучия по иерсиниозам.....	28
10.2. Мероприятия в эпидемических очагах иерсиниозных инфекций.....	29
11. Контроль и оценка эффективности проводимых мероприятий.....	30
<i>Приложение 1. Перечень вопросов, необходимых для сбора эпидемиологического анамнеза.....</i>	<i>31</i>
<i>Приложение 2. Организация лабораторной диагностики псевдотуберкулеза и иерсиниоза.....</i>	<i>33</i>
<i>Приложение 3. Среды, используемые для первичного выделения культур.....</i>	<i>50</i>
<i>Приложение 4. Среды, используемые для идентификации вирулентных иерсиний.....</i>	<i>51</i>
Нормативные и методические документы.....	52

Министерство обороны Российской Федерации
Главное военно-медицинское управление
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ВОЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЕННО-МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ С.М. КИРОВА»
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(ВМедА)

УДК
№ госрегистрации
Инв. №

Экз. № 2

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель начальника
Военно-медицинской академии
имени С.М. Кирова
по учебной и научной работе
доктор медицинских наук профессор
полковник медицинской службы



Б.Н. Котив

«25» сентября 2013 г.

О Т Ч Е Т
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ЗА
ИЕРСИНИЯМИ ДЛЯ ОБЪЕКТИВНОЙ ОЦЕНКИ ЭПИДЕМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И
ПРОВЕДЕНИЯ ОБОСНОВАННЫХ САНИТАРНО-ПРОТИВОЭПИДЕМИЧЕСКИХ
(ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ) МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ИЕРСИНИОЗАХ У
ВОЕННОСЛУЖАЩИХ
(заключительный)

Тема № VMA.03.03.04.1213/0135

Шифр «Прогресс-12»

Начальник отдела (организации научной работы
и подготовки научно-педагогических кадров)
кандидат медицинских наук доцент
подполковник медицинской службы

Е.В. Ивченко

Научный руководитель
заведующий кафедрой микробиологии
доктор медицинских наук профессор

В.Б. Сбойчаков

Санкт-Петербург 2013

Список исполнителей

Научный руководитель:
Заведующий кафедрой микробиологии
доктор медицинских наук профессор



25.10.2013.

В.Б. Сбойчаков (введение,
разделы 2, 6)


Ответственный исполнитель
преподаватель кафедры микробиологии



25.10.2013

А.Л. Панин (разделы 1-7,
выводы)

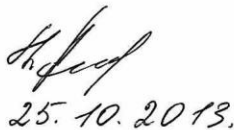
Исполнители:
Заместитель начальника НИЦ
доктор медицинских наук доцент
полковник медицинской службы



25.10.2013

В.Н. Болехан
(раздел 3,7)

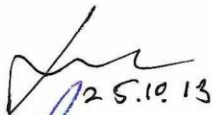
Преподаватель кафедры микробиологии
доктор медицинских наук профессор



25.10.2013.

Л.А. Краева
(раздел 4)

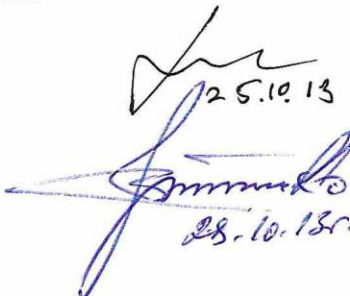
Преподаватель кафедры общей и военной
эпидемиологии
кандидат медицинских наук доцент



25.10.13

А.А. Ветлужских
(раздел 3)

Нормоконтролер



28.10.13.

В.В. Васильченко

Реферат

Отчет 69 с., 1 кн., 2 табл., 74 источника, 5 прил.

ИЕРСИНИОЗЫ, ПСЕВДОТУБЕРКУЛЁЗ, КИШЕЧНЫЙ ИЕРСИНИОЗ, ПАТОГЕННЫЕ И УСЛОВНО-ПАТОГЕННЫЕ ИЕРСИНИИ, ФАКТОРЫ ПАТОГЕННОСТИ, МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, САНИТАРНО-ПРОТИВОЭПИДЕМИЧЕСКИЕ (ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ) МЕРОПРИЯТИЯ ПРИ ИЕРСИНИОЗАХ.

Объект исследования: больные иерсиниозами, лица с патологией, сходной с иерсиниозной инфекцией, мелкие млекопитающие и объекты окружающей среды на территории войсковых частей, высших военно-морских учебных заведений и лечебно-профилактических учреждений Ленинградской военно-морской базы (Лен ВМБ).

Цель работы: по результатам усовершенствованного микробиологического мониторинга за иерсиниями оценить интенсивность эпидемического процесса иерсиниозов и предложить научно обоснованные санитарно-противоэпидемические (профилактические) мероприятия при выявлении иерсиниозной инфекции у военнослужащих.

Методы исследования и аппаратура: ПЦР - диагностику проводили на амплификаторе Терцик МС-2+, ДНК-Технология, Россия; ИФА-диагностику – Фотометр микро планшетный ELx800, Bio Тек, США; Идентификацию штаммов, изолированных из внешней среды проводилась с помощью технологии MALDI-TOF/MS. Все приборы прошли метрологическую проверку.

Степень внедрения: полученные результаты НИР использованы в учебном процессе кафедр микробиологии, общей и военной эпидемиологии академии. Предложенная схема «Бактериологического исследования материала на выделение энтеропатогенных иерсиний» представлена в Учебном пособии 2012 г.

Область применения: результаты НИР реализованы в проекте Методических рекомендаций «Совершенствование микробиологического мониторинга за иерсиниями для объективной оценки эпидемического процесса и проведения обоснованных санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий при иерсиниозах у военнослужащих». В них определяются основные принципы организации микробиологического мониторинга за иерсиниями, и предлагается порядок осуществления эпидемиологического надзора, проведения санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий при иерсиниозах в организованных коллективах.

Значимость работы: опыт выполнения НИР целесообразно использовать в условиях развёртывания «Арктических бригад», для изучения психрофильных микроорганизмов, имеющих эпидемиологическое значение.