



1 - ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии им. Пастера»

Роспотребнадзора

2 - Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова

3 - Санкт-Петербургский государственный университет

4 - ФГБОУ ВО Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова

5 - ФГБУ НИИ Арктики и Антарктики

6 - Санкт-Петербургский государственный технологический университет

Микробиологический мониторинг

как средство профилактики инфекционных

заболеваний при выполнении программы дальнейшего

освоения Российской Арктики

***Краева Л.А.**^{1,2}, Панин А.Л.¹, Гончаров А.Е.⁴, Тешебаев Ш.Б.⁵, Власов Д.Ю.³, Платонова А.В.⁶, Богумильчик Е.А.¹, Кокорина Г.И.¹, Курова Н.Н.¹, Кунилова Е.С.¹, Хамдулаева Г.Н.¹, Воскресенская Е.А.¹, Тотолян А.А.¹*

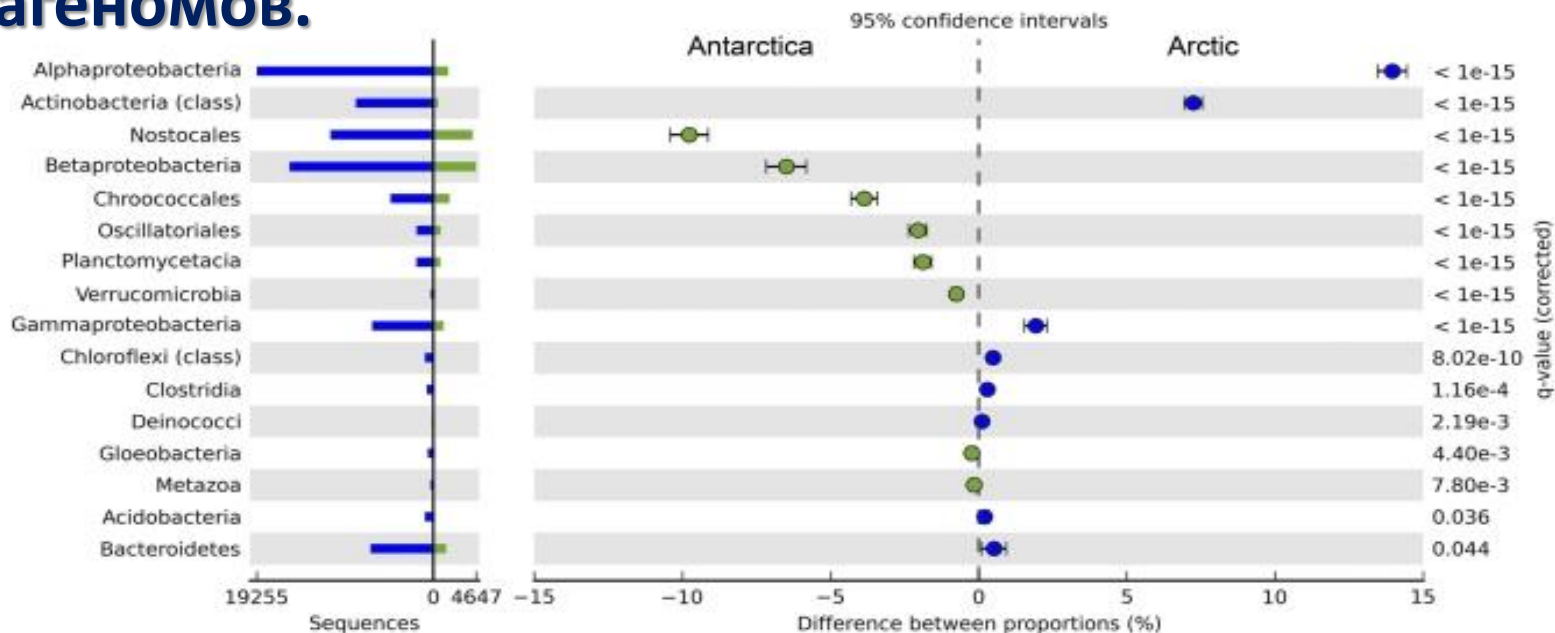
Северный морской путь

Новый Севморпуть





Таксономические профили арктических и антарктических метабеномов.



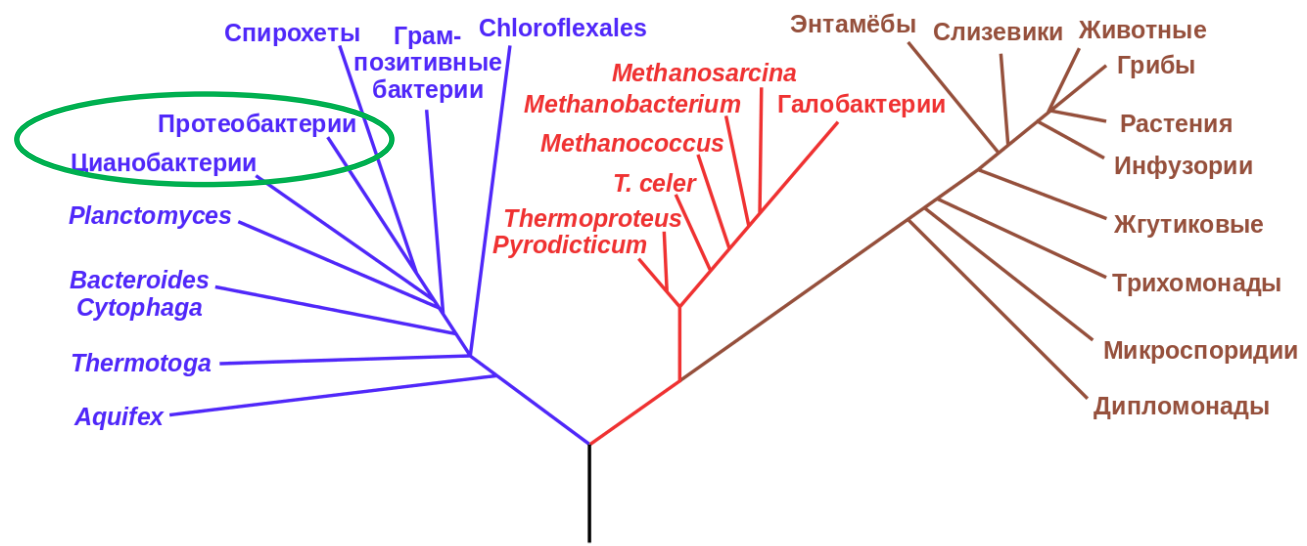


Филогения живых организмов

Бактерии

Археи

Эукариоты

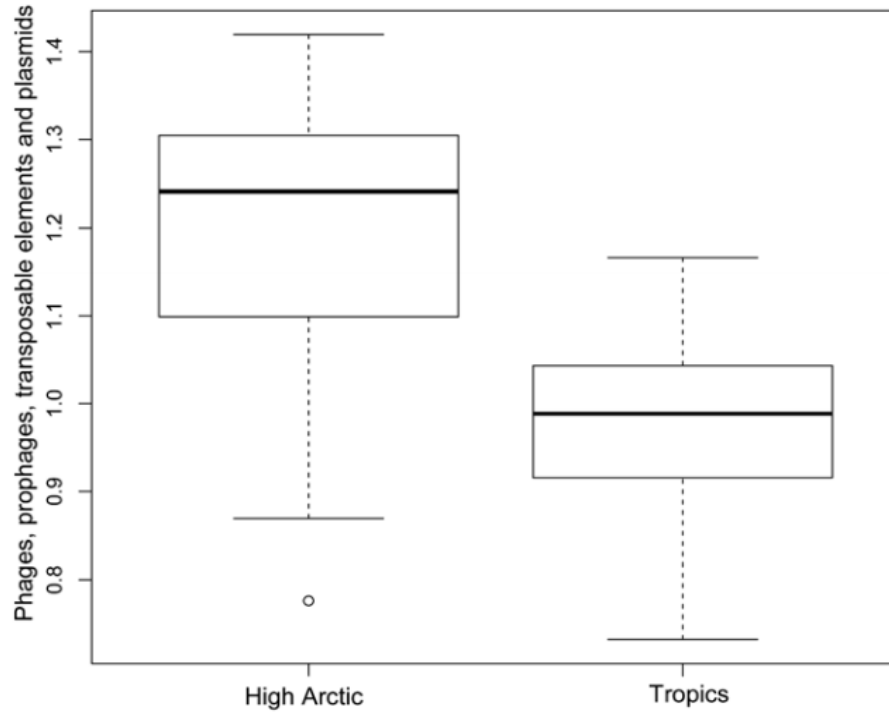




Биоразнообразие прокариот в арктических почвах по сравнению с почвами других биомов



Chu, H., Fierer, N., Lauber, C. L., Caporaso, J. G., Knight, R., & Grogan, P. (2010). Soil bacterial diversity in the Arctic is not fundamentally different from that found in other biomes. *Environmental Microbiology*, 12(11), 2998-3006.



Kerfahi, D., Tripathi, B. M., Dong, K., Kim, M., Kim, H., Slik, J. F., ... & Adams, J. M. (2019). From the high Arctic to the equator: do soil metagenomes differ according to our expectations?. *Microbial ecology*, 77(1), 168-185



Объекты исследования

по типам биоценозов:

- Орнитогенный
- Естественный
- Антропогенный

Методы изучения выделяемых микроорганизмов:

- Классические бактериологические методы
- Масс-спектрометрический анализ MALDI-TOF
- Фенотипические методы определения вирулентности штаммов, устойчивости к антибиотикам и факторам физической и химической природы
- Генетические методы выявления генов вирулентности, резистентности к антибактериальным препаратам, изучение геномов бактерий распространенных видов в динамике, метагеномный анализ.

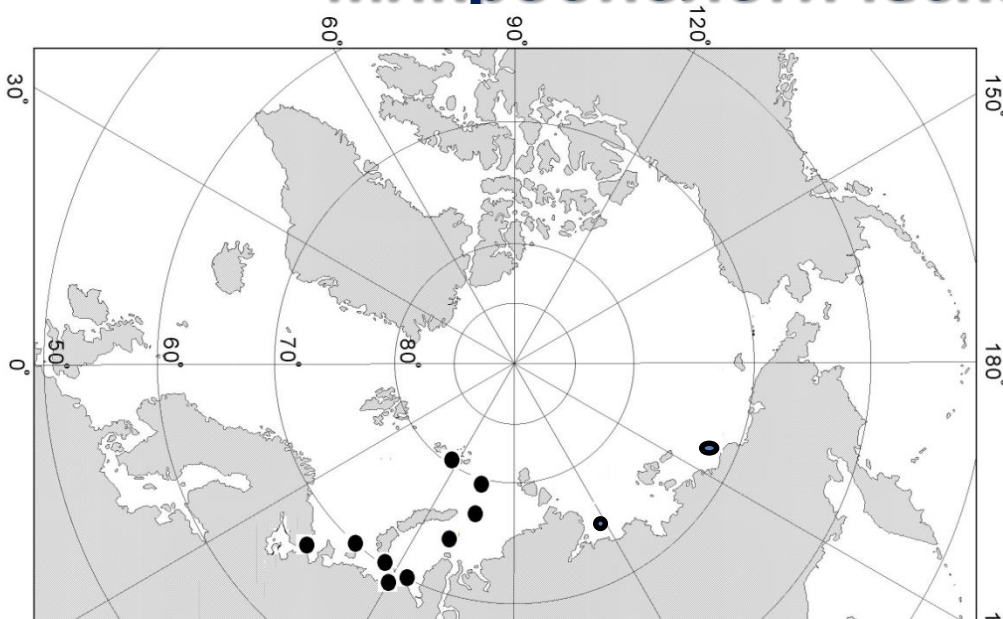


Опорные зоны в Арктике





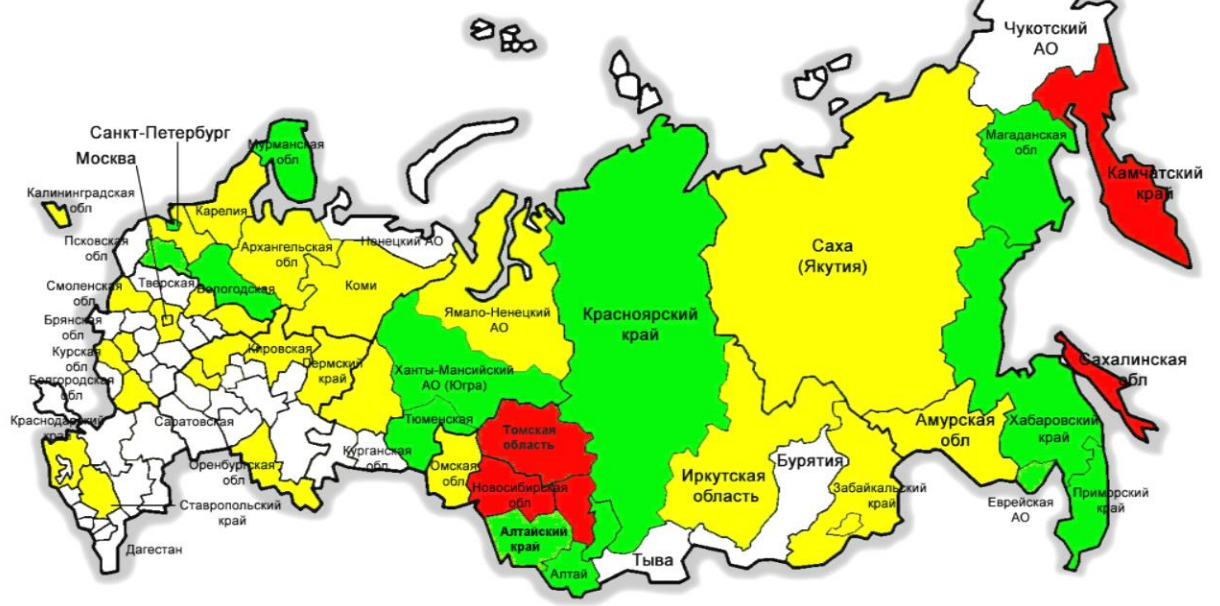
Наиболее хорошо изученные районы Арктики в микробиологическом отношении



Микробиологические исследования проводились на архипелаге Северная Земля, Земле Франца Иосифа, Новой Земле, Шпицбергене, Ямале, а также на прибрежных материковых арктических территориях.



Территориальное распределение заболеваемости псевдотуберкулезом в РФ в 2015 - 2018 гг.



Красный показатель заболеваемости выше среднефедерального в 5 и более раз (более 4 на 100 тыс. населения)

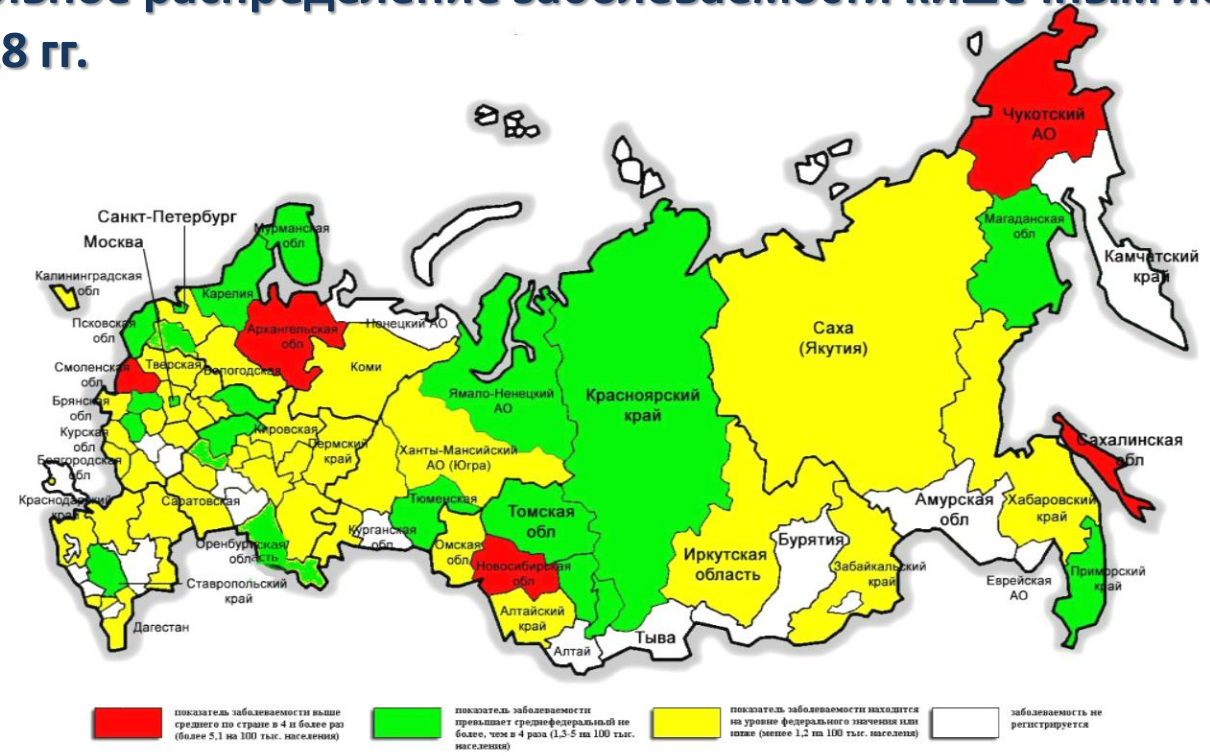
Зеленый показатель заболеваемости выше среднефедерального не более чем в 5 раз (0,9-3,9) на 100 тыс. населения

Желтый показатель заболеваемости равен среднефедеральному или ниже (0,8 и менее на 100 тыс. населения)

Белый заболеваемость не регистрируется

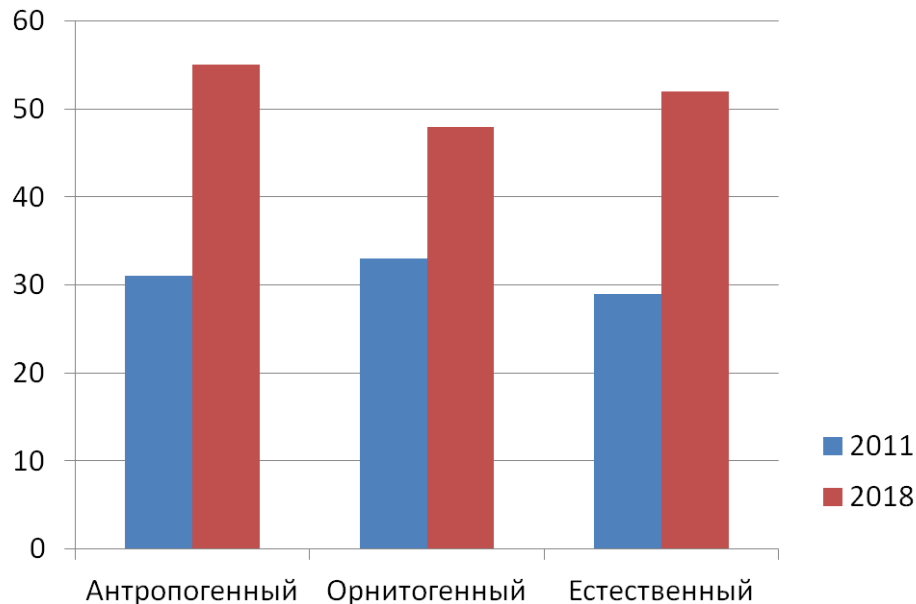
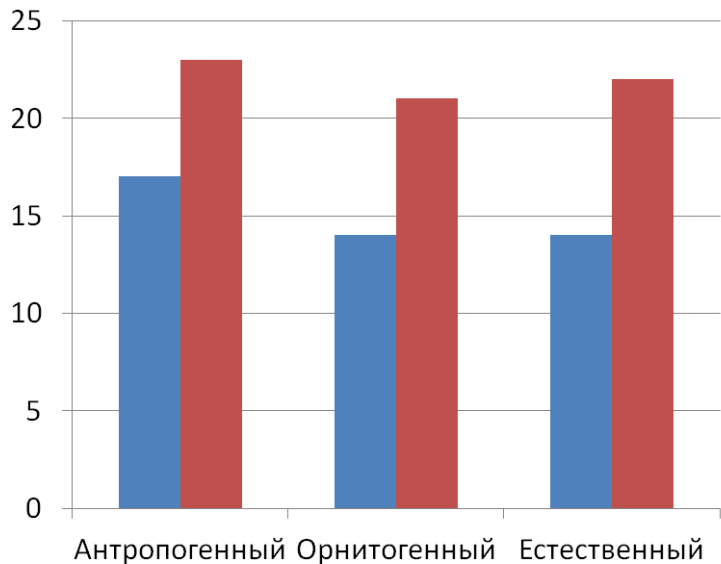


Территориальное распределение заболеваемости кишечным иерсиниозом в РФ в 2015 – 2018 гг.





Динамика выделения жизнеспособных родов и видов бактерий из различных биоценозов Арктики



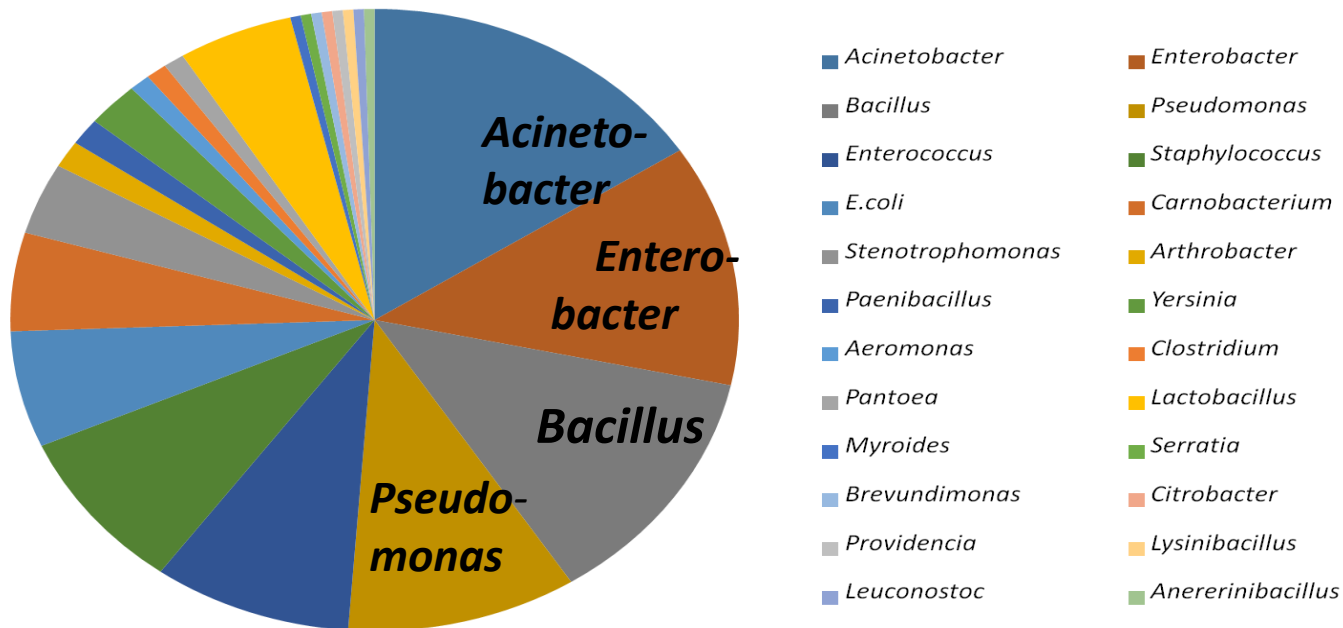


Бактерии, выделенные при исследованиях:

Источник микробиоты	2010-2011 гг.	2017-2018 гг.
Все группы населения	46 видов (9 семейств)	55 видов (13 семейств)
Животные, рыбы, птицы	21 вид (5 семейств)	48 видов (11 семейств)
Окружающая среда	25 видов (8 семейств)	64 вида (13 семейств)
В т.ч. палеонтологические образцы	7 бактериальных морфотипов	В работе



Структура жизнеспособной микробиоты Арктики (антропогенный биоценоз, 2017-2018 гг.)





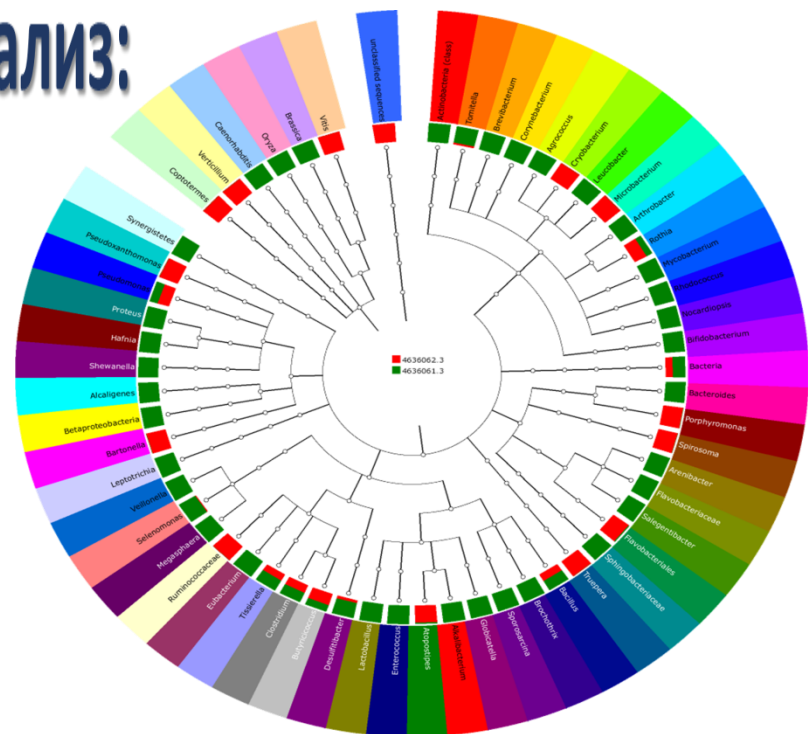
Ранжирование образцов по частоте выделения бактерий в пробах из окружающей среды Арктики (*убывание признака*)

<i>Yersinia spp</i>	<i>E. coli</i>	<i>Bacillus spp</i>
Бактериальные маты	Фекалии птиц	Фекалии птиц
Вода поверхностных водоемов	Гнездо птиц	Бактериальные маты
Осадок канализации	Яйцо птиц	Вода
	Вода	Грунт марены
	Бактериальные маты	Осадок канализации



Метагеномный анализ:

129 родов
79 семейств



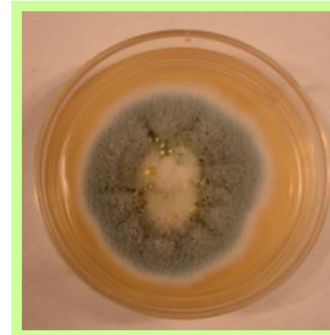
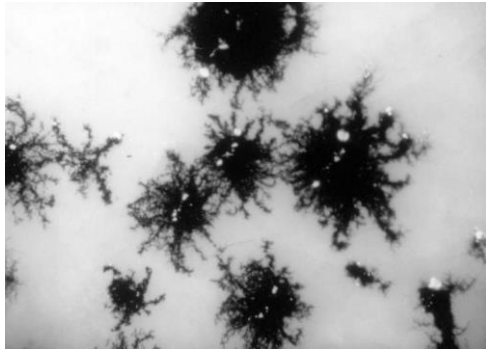
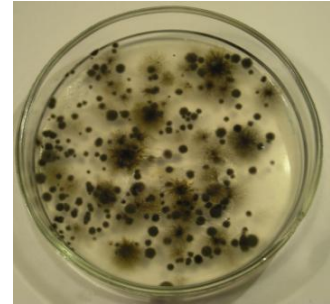
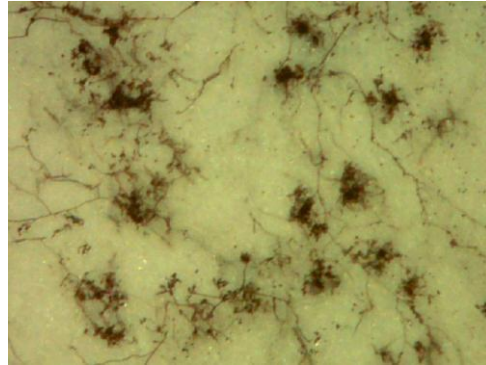
Использованы праймеры к V4-региону 16S-оперона

F515-LibL-A-MID1
F515-LibL-A-MID2
R806-LibL-B

CCATCTCATCCCTGCGTGTCTCCGAC--TCAG--ACGAGTGCGT--GTGCCAGCMGCCGCGGTAA
CCATCTCATCCCTGCGTGTCTCCGAC--TCAG--ACGCTCGACA--GTGCCAGCMGCCGCGGTAA
CCTATCCCCTGTGTGCCTTGGCAGTC--GGACTACVSGGGTATCTAAT



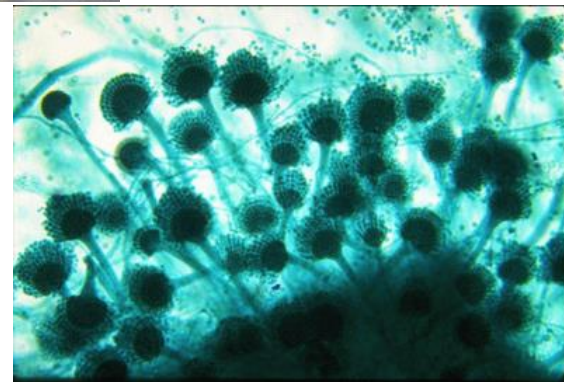
Микромицеты на антропогенных материалах





Основные свойства грибов, повреждающих материалы

- Способность к адгезии
- Устойчивость к внешним факторам
- Богатый ферментативный аппарат
- Морфологическая пластичность
- Рост на твердом субстрате
- Ассоциации с другими организмами



Микромицеты - биодеструкторы

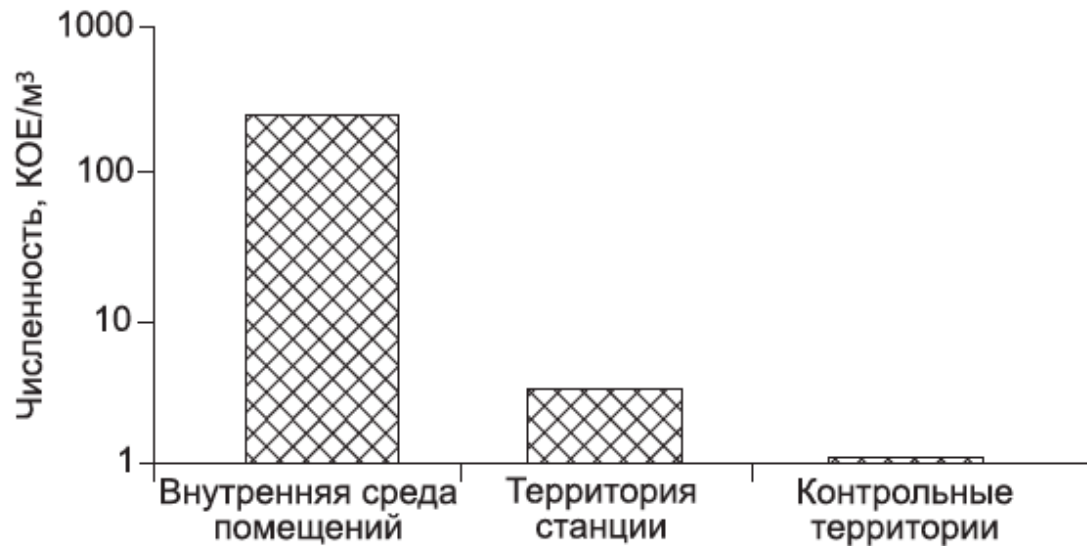
Выявлено 117 видов микромицетов, половина из которых являются основными биодеструкторами строительных материалов в жилых и административных помещениях: представители родов *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Chaetomium* spp., *Alternaria* spp., *Cladosporium* spp. Наряду с этим, в качестве биодеструкторов строительных материалов установлена роль бацилл и дрожжей.





Микромицеты вызывают заболевания:

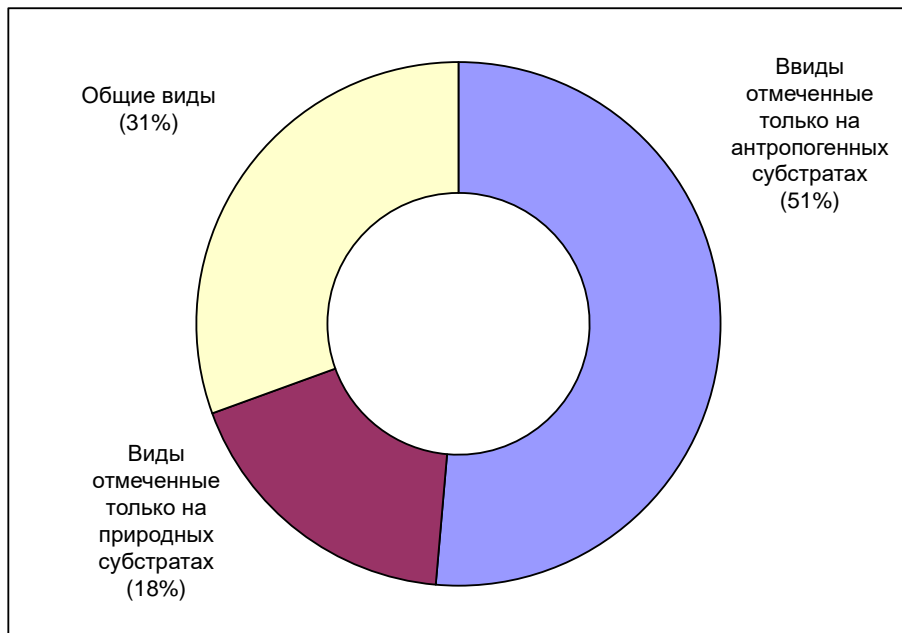
- Дерматофития
- Микоз легких
- Кандидоз
- Онихомикоз
- Лишай
- Споротрихоз
- Глубокие микозы



Численность микромицетов в аэромикоте острова Визе



Антропогенное влияние на арктические экосистемы (по изменению состава микобиоты)



Результаты обследования районов арктических поселений по Северному морскому пути свидетельствуют о мощной антропогенной инвазии микромицетов. Большинство видов отмечено на антропогенных материалах. Их накопление приводит к возрастанию численности микромицетов в воздушной среде (аэромикоте)

Почему микроорганизмы представляют особый интерес в полярных экосистемах?

- Модель изучения устойчивости к стрессу от экстремальных воздействий
- Структура микробных сообществ – чувствительный показатель состояния экосистем
- Микробы колонизируют антропогенные субстраты и обладают деструктивной активностью
- Способны влиять на состояние здоровья полярников



Global surface temperature trend over last 1,000 years

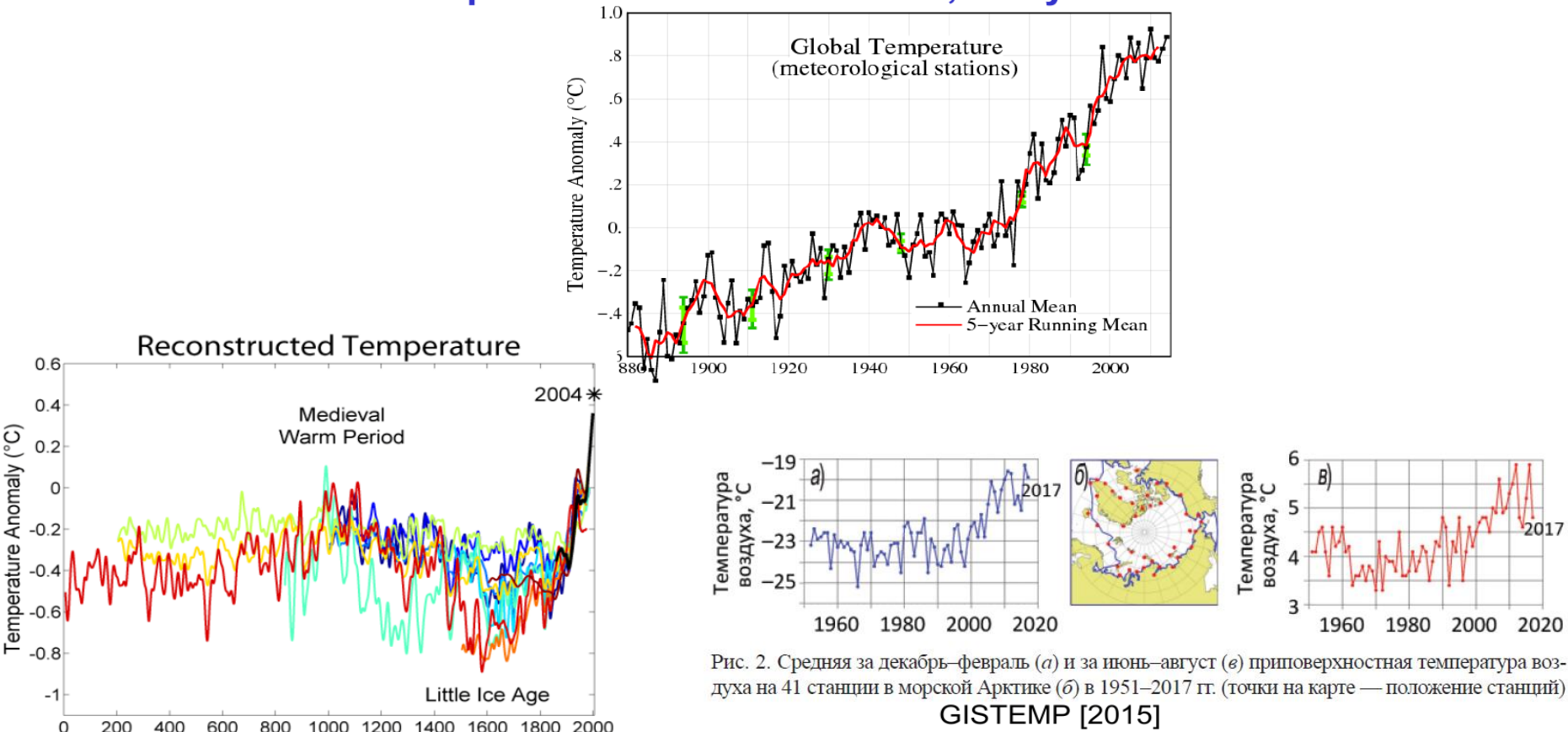
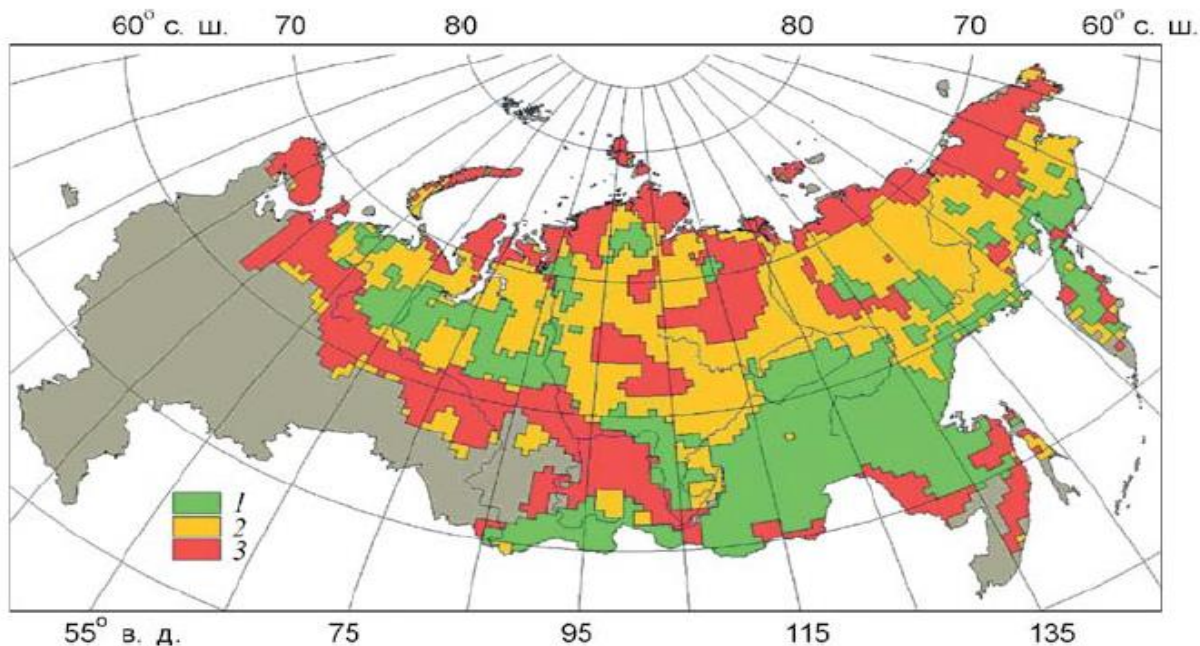


Рис. 2. Средняя за декабрь–февраль (а) и за июнь–август (в) приповерхностная температура воздуха на 41 станции в морской Арктике (б) в 1951–2017 гг. (точки на карте — положение станций)



Карта геокриологической опасности в условиях изменения климата. 1 — устойчивая область; 2 — зона умеренного риска; 3 — зона высокой геокриологической опасности



Таяние вечной мерзлоты



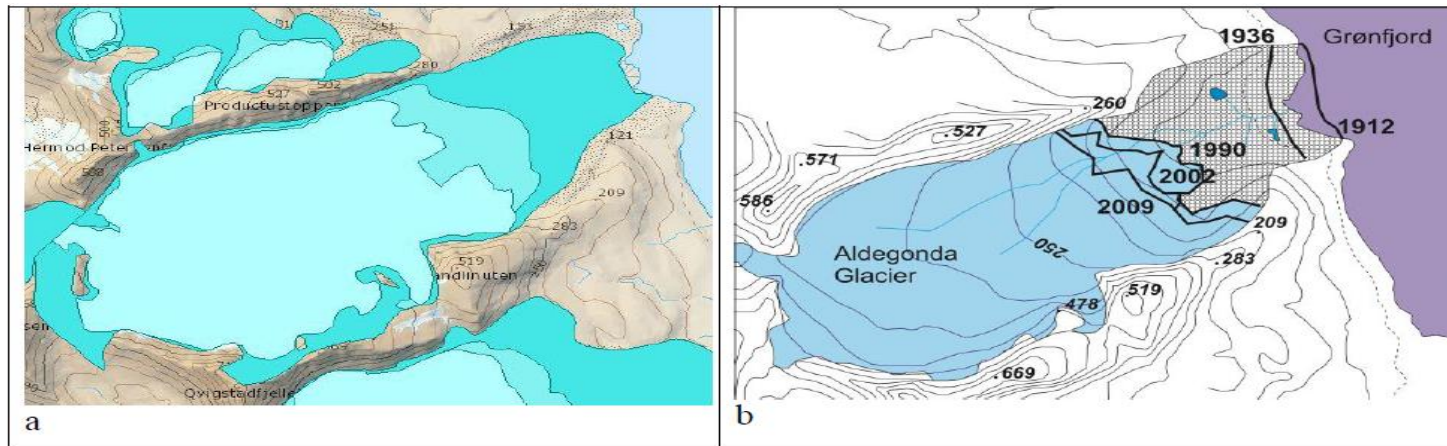
Вечная мерзлота в Якутии летом 2016 г. оттаяла на глубине не 30–60 сантиметров, как обычно, а более метра

Вспышка сибирской язвы на Ямале, 2016

- Предыдущие вспышки зафиксированы в 1911 и 1914 годах.
- 23 подтвержденных случая, 2 летальных исхода
- Более 2300 павших оленей



Бактерии, вытравившиеся из ледника Aldegonda (Западный Шпицберген) 2018



Glacier Aldegonda: a - its boundaries in 1936, 1990 and 2010, b – glacier boundaries in different years

- *Acinetobacter pittii*
- *Acinetobacter radioresistans*
- *Acinetobacter* sp.
- *Yersinia intermedia* (*Y. enterocolitica*-like)

Исследования малоляховского мамонта



A woolly mammoth (*Mammuthus primigenius*) carcass from Maly Lyakhovsky Island (New Siberian Islands, Russian Federation)

Semyon E. Grigoriev^{a,*,**}, Daniel C. Fisher^{b,*,†}, Theodor Obadă^c, Ethan A. Shirley^b, Adam N. Rountrey^b, Grigory N. Savvinov^d, Darina K. Garnaeva^e, Gavril P. Novgorodov^a, Maksim Yu. Cheprasov^a, Sergei E. Vasilev^f, Artemiy E. Goncharov^{g, h, i}, Alexey Masharskiy^j, Viktoriya E. Egorova^c, Palmira P. Petrova^c, Eya E. Egorova^c, Yana A. Akhremenko^c, Johannes van der Plicht^k, Alexei A. Galanin^l, Sergei E. Fedorov^a, Evgeny V. Ivanov^d, Alexei N. Tikhonov^{l, a, ***}

^a Lazarev Mammoth Museum, Institute of Applied Ecology of the North, North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russian Federation

^b Museum of Paleontology, University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA

^c Institute of Zoology, Academy of Sciences of Moldova, Chisinau, Republic of Moldova

^d Institute of Applied Ecology of the North, North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russian Federation

^e Medical Institute, North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russian Federation

^f 3D Modelling and Virtual Reality Center, Institute of Physics and Technologies, North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russian Federation

^g North-West State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russian Federation

^h Institute of Experimental Medicine, Saint-Petersburg, Russian Federation

ⁱ Saint Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russian Federation

^j Center for Isotope Research, Groningen University, Groningen, The Netherlands

^k Mohikov Permafrost Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russian Federation

^l Zoological Institute, Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russian Federation

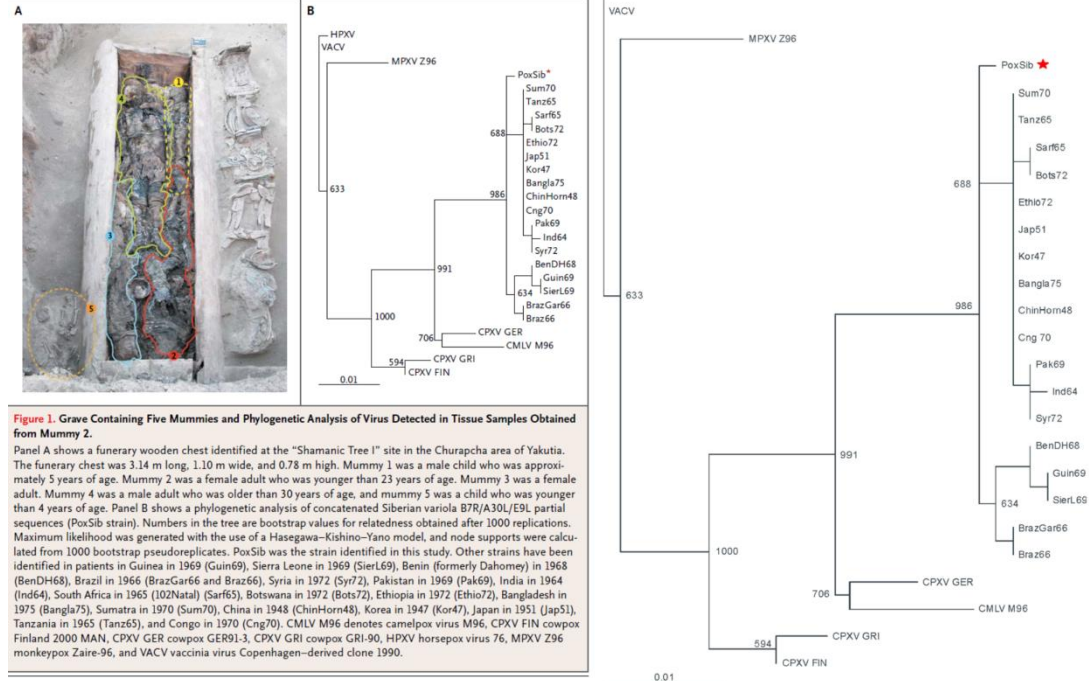
Найден летом 2012 года на острове Малый Ляховский (море Лаптевых)
Датируемый возраст ~ 28800 лет

Культивируемые бактерии тканей «малоляховского мамонта»

Isolate	Origin	Closest relative (16S rRNA)	% 16S rRNA similarity
1	intestinal contents	Carnobacterium maltaromaticum	96
2	intestinal contents	Enterococcus faecium	98
3	intestinal contents	Romboutsia massiliensis, sp. nov*	98.48*
4	intestinal contents	Acinetobacter lwoffii	99
5	intestinal contents	Enterococcus hirae	99
6	gingival pocket	Enterococcus faecium	98
7	bone marrow	Arthrobacter sp.	99

*fd1 (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG- 3') and rP2 (5'-ACGGCTACCTTGTTACGACTT- 3') primer (Weisburg et al., 1991) have been used.

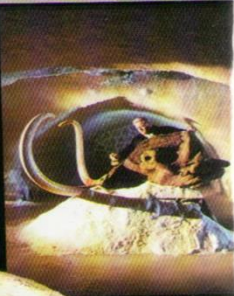
Вирусы оспы в мерзлых мумиях, обнаруженных в Якутии



Thèves C, Crubézy E, Biagini P. 2016. History of smallpox and its spread in human populations, *Microbiol Spectrum* 4(4):PoH-0004-2014. doi:10.1128/microbiolspec.PoH-0004-2014.

Biagini P, Thèves C, Balaesque P, Gérard A, Cannet C, Keyser C, Nikolaeva D, Gérard P, Duchesne S, Orlando L, Willerslev E, Alekseev AN, de Micco P, Ludes B, Crubézy E. 2012. Variola virus in a 300-year-old Siberian mummy. *N Engl J Med* 367:2056–2058.

ЮКАГИРСКИЙ МАМОТ



ИЗДАТЕЛЬСТВО С.-ПЕТЕРБУРГСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Сравнительный анализ штаммов

N/N	Традиционные методы	FAME анализ	Индекс подобия	16SRNA	Гомология
1	<i>Pseudomonas</i> sp.	<i>Pseudomonas putida</i> biotype B	0,612	<i>Pseudomonas halodenitrificans</i>	98%
2	<i>Alcaligenes</i> sp.	<i>Yersinia pseudotuberculosis</i>	0,594	<i>Alcaligenes</i> sp.	97%
N	<i>Bacillus</i> sp.	—	—	<i>Bacillus anthracis</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus thuringiensis</i>	100%
3 M	<i>Cellulomonas</i> sp.	<i>Cellulomonas turbata</i>	0,389	Не обнаружено какого-либо подобия с <i>Cellulomonas</i>	—
4	<i>Pseudomonas</i> sp.	<i>Pseudomonas putida</i> biotype B	0,612	<i>Pseudomonas halodenitrificans</i>	98%
5	<i>Alcaligenes</i> sp.	—	—	—	—
6	<i>Pseudomonas</i> sp.	<i>Cellulomonas turbata</i>	0,318	<i>Pseudomonas halodenitrificans</i>	95%
7	<i>Flavobacterium</i> sp.	<i>Flavobacterium jonsoniae</i>	0,022	<i>Flavobacteriaceae</i> str.	95%

```

Query: 1   gggcgtaaagcgcgcgaggtggtttcttaagtctgatgtgaaagcccaaggtccaaccg 60
          |||
Sbjct: 575 gggcgtaaagcgcgcgaggtggtttcttaagtctgatgtgaaagcccaaggtccaaccg 634

Query: 61   tggagggtcattggaaactgggagacttgagtcgagaagaggaagtgaattccatgtg 120
          |||
Sbjct: 635 tggagggtcattggaaactgggagacttgagtcgagaagaggaagtgaattccatgtg 694

Query: 121  tagcggtaaaatcgctagagatattggaggaacaccagtgccgaaggcgaactttctggtc 180
          |||
Sbjct: 695 tagcggtaaaatcgctagagatattggaggaacaccagtgccgaaggcgaactttctggtc 754

Query: 181  gtaactgacactgaggcgcgaaagcgtggggagcaaacaggattagataccctggtagtc 240
          |||
Sbjct: 755 gtaactgacactgaggcgcgaaagcgtggggagcaaacaggattagataccctggtagtc 814

Query: 241  cagccgtaaacgatgagtgctaagtgttagagggtttccgccttttagtctgaaagtta 300
          |||
Sbjct: 815 cagccgtaaacgatgagtgctaagtgttagagggtttccgccttttagtctgaaagtta 874

Query: 301  acgcattaagcactccgctggggagtagcggccgcaaggctgaaactcaaagg 353
          |||
Sbjct: 875 acgcattaagcactccgctggggagtagcggccgcaaggctgaaactcaaagg 927
>gi123429636|gb|AY138378.1| Bacillus anthracis strain 2000031660 16S
ribosomal RNA gene,
partial sequence
Length = 1554
Score = 700 bits (353), Expect = 0.0
Identities = 353/353 (100%)
Strand = Plus / Plus
    
```

Рис. 1. Сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей исследуемого штамма и выборочного штамма *B.anthraxis* из базы данных
Fig. 1. Comparative analysis of nucleotide sequences of the both investigated and selective strains *B.anthraxis* from data base.

Лед и многолетняя мерзлота как резервуар патогенных микроорганизмов

Микроорганизм (группа микроорганизмов)	Вызываемое заболевание	Возможность длительного сохранения в условиях многолетней мерзлоты и льда	Источник
Энтеробактерии	Кишечные инфекции	+	Goodwin, K., Loso, M. G., and Braun, M. (2012).
Бактерии рода <i>Enterococcus</i>	Нозокомиальные инфекции	+	Goncharov A, Grigorjev S, Karaseva A et al. (2016)
Микромицеты рода <i>Cryptococcus</i>	Оппортунистические инфекции	+	Turchetti, B., Selbmann, L., Blanchette, R. A., Di Mauro, S., Marchegiani, E., Zucconi, L., et al. (2015).
<i>Bacillus anthracis</i>	Сибирская язва	+	Nicholson, W.L.; Munakata, N.; Horneck, G.; Melosh, H.J.; Setlow, P. (2000)
Вирусы гриппа А	Грипп	+	Zhang, G., Shoham, D., Gilichinsky, D., Davydov, S., Castello, J. D., and Rogers, S. O. (2006).
Поксвирусы	Натуральная оспа	Сохраняется ДНК, сохранение функциональных вирусных частиц дискутабельно	Biagini, P., Thèves, C., Balaesque, P., Gérard, A., Cannet, C., Keyser, C., et al. (2012).

Bacteria	Putative antibiotic resistance genes	Antibiotic class	Age
<i>Porphyromonas gingivalis</i>	β -Lactamases, <i>ble</i> , efflux pump (MATE ^a , MFS ^a), <i>tetR</i> , <i>aph</i>	β -Lactams, glycopeptides (e.g., bleomycin), tetracyclines, aminoglycosides, bicyclomycin	c. 950–1200 CE
<i>Capnocytophaga sputigena</i>	β -Lactamase (<i>csp-1</i> , extended-spectrum β -lactamase)	β -Lactams	c. 950–1200 CE
<i>Clostridium difficile</i>	Efflux pump (ABC ^a , MATE)		c. 950–1200 CE
<i>Fusobacterium nucleatum</i>	<i>flo</i> , <i>pbp</i>	Phenicol (e.g., florfenicol), β -lactams	c. 950–1200 CE
<i>Leptotrichia buccalis</i>	Efflux pump (MATE), <i>pbpA</i> , <i>tetR</i>	β -Lactams, tetracyclines	c. 950–1200 CE
<i>Neisseria meningitidis</i>	Efflux pump (MATE), <i>tetR</i> , <i>penA</i>	β -Lactams, tetracyclines	c. 950–1200 CE
<i>Porphyromonas gingivalis</i>	Efflux pump (MATE), <i>teC</i> , <i>ble</i> , β -lactamase	Tetracyclines, glycopeptides (e.g., bleomycin), β -lactams	c. 950–1200 CE
<i>Rothia mucilaginosa</i>	<i>pbpA</i>	β -Lactams	c. 950–1200 CE
<i>Streptococcus gordonii</i>	Efflux pump (ABC), <i>bacA</i> , <i>mef/mel</i> , β -lactamase, <i>pbps</i> , <i>tetR</i>	Cyclic peptides (e.g., bacitracin), macrolides, β -lactams, tetracyclines	c. 950–1200 CE
<i>Streptococcus mitis</i>	<i>tetR</i>	Tetracyclines	c. 950–1200 CE
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	<i>macB</i> , β -lactamase, <i>pbps</i> , <i>aac(6')</i> , <i>tetR</i>	Macrolides, β -lactams, aminoglycosides, tetracyclines	c. 950–1200 CE
<i>Streptococcus pyogenes</i>	<i>tetR</i>	Tetracyclines	c. 950–1200 CE
<i>Streptococcus sanguinis</i>	Efflux pump (ABC, MFS, MATE), <i>ble</i> , <i>pbps</i> , β -lactamase	Glycopeptides (e.g., bleomycin), β -lactams	c. 950–1200 CE
<i>Tannerella forsythia</i>	β -Lactamase, <i>tetR</i> , <i>uppP</i> or <i>bcrC</i> , efflux pump (ABC, MATE), <i>pbpC</i> , <i>pbpA</i>	β -Lactams, tetracyclines, cyclic peptides (e.g., bacitracin)	c. 950–1200 CE
<i>Treponema denticola</i>	β -Lactamase, <i>mef/mel</i> , <i>tetR</i> , <i>pbp</i> , efflux pump (e.g., MATE), <i>nim</i> gene	β -Lactams, macrolides, tetracyclines, nitroimidazoles (5-nitroimidazole)	c. 950–1200 CE
<i>Veillonella parvula</i>	<i>pbp</i>	β -Lactams	c. 950–1200 CE
<i>Streptomyces rimosus</i>	<i>tetM</i>	Tetracyclines	30,000 years
<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Amycolatopsis orientalis</i> , <i>Frankia</i> spp.	<i>vanHAX</i>	Glycopeptides	30,000 years
<i>Streptomyces celluloseae</i>	β -Lactamases	β -Lactams	30,000 years
<i>Streptomyces</i> spp., <i>Rhodococcus erythropolis</i> , <i>Paenibacillus lautus</i> , <i>Arthrobacter</i> spp., <i>Agrobacterium tumefaciens</i> , <i>Ochrobactrum anthropi</i>	β -Lactamases	β -Lactams	4 million years
<i>Streptomyces</i> spp., <i>Brachybacterium paraconglomeratum</i>	<i>mph</i> (glycosylation, phosphorylation)	Macrolides (e.g., erythromycin, telithromycin)	4 million years
<i>Agrobacterium tumefaciens</i> , <i>Ochrobactrum anthropi</i>	<i>cat</i> (acetylation)	Phenicol (e.g. chloramphenicol)	4 million years
<i>Streptomyces</i> spp., <i>Paenibacillus lautus</i>		Lipopeptides (e.g. daptomycin)	4 million years
<i>Chryseobacterium</i> spp. ^b	<i>cat</i>	Phenicol (e.g. chloramphenicol)	700 years

Многолетняя мерзлота

Детерминанты патогенности древних бактерий

Determinants of pathogenicity found in the genome	genome	GenBank Acc. №№	Animal (fossil)	Calibrated age (according to radiocarbon dating)
Siderophores: aerobactin and enterobactin operons	<i>Serratia fonticola</i> 5l <i>Serratia plymutica</i> str. tumat	MQRH000000000, MQML000000000	Alces alces Canis lupus	12 460 ± 50
Pathogenicity island SDI-1 Salmonella spp.	<i>Serratia fonticola</i> 5l	MQML000000000	Alces alces	8980± 50
Perfringolysin O, hemolysins, collagenase	<i>Clostridium perfringens</i> BzA	QDAE000000000, QDAF000000000	Bison priscus	48000-50000
hemolysin	<i>Serratia fonticola</i> 5l <i>Serratia plymutica</i> str. tumat	MQRH000000000, MQML000000000	Alces alces Canis lupus	12 460 ± 50
hemolysin, IS-16 (marker of epidemic clones of enterococci)	<i>Enterococcus faecium</i> str. 58	NZ_LGAO000000000	Mammuthus primigenius	28800± 150

Биологически активные вещества, производимые из бактерий, выделенных в полярных регионах

Enzyme	Source	Company
Glicoprotein	<i>Pseudoalteromonas antarctica</i>	Lipotec S.A. [SP]
Beta-galactosidase	<i>Pseudoalteromonas haloplanktis</i>	University of Liege [BE]
Alkaline phosphatase	Bacterium HK-47	Patent n. US4720458
Antifreeze Lipoprotein	<i>Moraxella</i> sp.	Kansai University [JP]
Lipase-catalyzed ester hydrolysis	<i>Pseudomonas</i> sp.	Nippon Paper Industries [JP], Novozymes [DK]
Anti-freeze proteins	<i>Marinomonas</i> , <i>Pseudomonas</i> sp.	Unilever [UK]
Enzymes xylanolytic activity	<i>Pseudoalteromonas haloplanktis</i>	Puratos Naamloze Vennootschap [BE]
Polyunsaturated fatty acid (PUFA) synthase systems	<i>Shewanella japonica</i> and <i>Shewanella olleyana</i>	Martek Biosciences Corporation [US]
Dehydrogenases	<i>Arthrobacter</i> sp., <i>Micrococcus</i> sp.	University of London [UK]
Detergent compositions enzymes	<i>Psychrophilic bacteria</i> sp.	Procter & Gamble [US]
Chlamysin B antibacterial protein	<i>Chlamys islandica</i>	Biotec ASA [NO]
Thermostable isomerase	<i>Thermoanaerobacter mathranii</i>	Bioneer A/S [DK]

Фермент	Область применения
Щелочная фосфатаза	Контроль пастеризации молока
Антифризные белки	Трансплантология, криоконсервация продуктов, производство мороженого
Бета-галактозидаза	Биотехнологии, генная инженерия
Термостабильная глюкозоизомераза	Пищевая промышленность



Аэробные метилотрофы как агенты биосинтеза

- **Продукция белка одноклеточных (Single Cell Protein, SCP):**
Прутин (Англия), Провестин (США), Пробион (ФРГ),
Бипротеин (Норвегия), Гаприн и Меприн (Россия)
- **Биосинтез алифатических и ароматических аминокислот:**
серин, метионин, триптофан, тирозин, фенилаланин, эктоины
- **Биосинтез биополимеров:**
полигидроксибутират/валерат (ПГБ/В),
экзополисахариды (ЭПС),
пигменты (каротиноиды, меланины, пиовердин)
цитохромы
- **Биосинтез витаминов и коферментов:**
Рибофлавин (В₂), цианкобаламин (В₁₂),
Флаavinмоно- и динуклеотиды (ФМН/ФАД),
Пирролохинолинхинон (ПХХ, РQQ)
Триптофантриптофилхинон (ТТХ, ТТQ)
- **Трансформация алканов, алкенов и их замещенных производных в соответствующие оксиды**

Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года»

III. Основные направления и задачи по реализации государственной политики в Арктике

г) в сфере охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности в Арктике:

С целью получения наиболее полной информации о возможности возникновения и распространения в Арктическом регионе инфекционных заболеваний необходимо создание геоинформационной системы (ГИС), которая может быть включена в единую ГИС любого уровня: от локального до регионального. Она должна включать в себя наиболее полную информацию об абиотических, биотических и антропогенных факторах, действующих на данной территории. Математический аппарат, встроенный в ГИС, позволит использовать все данные, внесенные в базу данных ГИС, для анализа и прогноза ситуации в отношении инфекционных заболеваний среди воинского контингента, размещенного на территории Российской Арктики, вахтовых рабочих, обслуживающих военные и мирные объекты, местного населения.

Есть все основания для разработки, испытания и внедрения в практику экспрессных портативных методов диагностики для выявления патогенных микроорганизмов в биологическом материале от больных и в объектах внешней среды.

УТВЕРЖДЕНЫ
Указом Президента
Российской Федерации
от _____ 2019 г. № _____

ОСНОВЫ государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года

I. Общие положения

1. Настоящими Основами определяются цели, основные направления, задачи и механизмы реализации государственной политики Российской Федерации в Арктике (далее – государственная политика в Арктике).

2. В настоящих Основах под Арктической зоной Российской Федерации понимаются территории субъектов Российской Федерации, отнесенные Указом Президента Российской Федерации от 2 мая 2014 г. № 296 к сухопутным территориям Арктической зоны Российской Федерации, а также прилегающие к этим территориям внутренние морские воды, территориальное море, исключительная экономическая зона и континентальный шельф Российской Федерации, в пределах которых Россия обладает суверенными правами и юрисдикцией в соответствии с международным правом.

3. Особенности Арктической зоны Российской Федерации, оказывающие влияние на формирование государственной политики в Арктике, являются:

устойчивая географическая, историческая и экономическая связь с Северным Ледовитым океаном и функционированием Северного морского пути;

экстремальная природная среда (преобладание низких температур, наличие устойчивого ледового и снежного покрова, наличие полярного дня и полярной ночи, многолетней мерзлоты);

глобальные климатические изменения, ведущие к освобождению ото льда значительных акваторий Северного Ледовитого океана;

чувствительность экологических систем к внешним воздействиям;
очаговый характер промышленно-хозяйственного освоения территории;

Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года»

е) в сфере развития науки и технологий в интересах Арктики:

Во время глобального потепления, таяния ледников и самопроизвольного открытия палеонтологических останков крайне необходимо формирование рабочих коллекций бактерий, выделенных из палеонтологических экосистем с различной степенью антропогенной нагрузки и изучение закономерностей распространения в них штаммов, содержащих гены факторов патогенности и резистентности к антимикробным препаратам. Должно быть проведено метагеномное исследование микробиоты в Арктическом регионе. Биоинформатический анализ полученных геномов должен быть направлен на выявление детерминант патогенности и антибиотикорезистентности, а также на изучение филогенетических связей древних и современных штаммов.

к) в сфере обеспечения безопасности жизни и хозяйственной деятельности в Арктической зоне Российской Федерации:

Получение реальных знаний о распространении различных инфекций в Арктическом регионе позволит осуществлять в режиме реального времени оценку эпидемиологической ситуации и устанавливать риски распространения этих заболеваний на арктических территориях, осуществлять своевременную коррекцию проводимых противоэпидемических мероприятий. Для улучшения работы соответствующих специалистов должны быть созданы прогнозные карты опасности инфекций в зависимости от изменения климата и методические рекомендации по защите населения, прежде всего военных специалистов, от заражения возбудителями инфекционных заболеваний, в том числе зоонозных.

Возможности ГИС позволят получать информацию о потенциальном риске, связанном с распространением патогенного материала из микробных сообществ мерзлых мумий представителей мамонтовой фауны и останков коренного населения Западной Сибири, включая наличие культивируемых потенциально патогенных бактерий и мобильных генетических элементов, содержащих факторы резистентности и патогенности.

V. Ожидаемые результаты реализации государственной политики в Арктике.

Результатом реализации государственной политики в Арктике должны стать:

и) обеспечение биологической (микробиологической) безопасности в регионе.



Заключение

- Очевидна необходимость мониторинговых исследований по оценке распространения эпидемически опасных штаммов микроорганизмов в Арктической зоне с учетом природных и техногенных факторов, влияющих на нее. Разработать научно обоснованный прогноз рисков заболеваемости населения на этих территориях. Для этого использовать возможности ГИС- технологий
- Мониторинговые исследования должны включать в себя скрининг интродукции возбудителей инфекционных заболеваний в полярные экосистемы, а также микробиологический контроль палеонтологических и археологических находок
- Разрабатывать экспресс-методы идентификации патогенов и портативные передвижные лаборатории, функционирующие в единой информационной среде
- Полярные экосистемы представляют собой уникальный ресурс для поиска соединений бактериального происхождения, ценных в медицинском и биотехнологическом отношении



Спасибо за внимание!