

**В. А. Крыленков**  
**А. Е. Гончаров**

# **МИКРОБИОТА ЗЕМНОЙ КРИОСФЕРЫ**



**В. А. Крыленков, А. Е. Гончаров**

**МИКРОБИОТА ЗЕМНОЙ КРИОСФЕРЫ**



**Санкт-Петербург  
ФОЛИАНТ  
2019**

УДК 576.8.095:578.233:624.142

ББК 28.4

К85

**Рецензент** — Л. П. Зуева, заведующая кафедрой эпидемиологии, паразитологии и дезинфектологии Северо-Западного государственного медицинского университета им. И. И. Мечникова, д-р мед. наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, главный эпидемиолог Министерства здравоохранения РФ по СЗФО

**Крыленков, В. А.**

К85 **Микробиота земной криосферы / В. А. Крыленков, А. Е. Гончаров.** — СПб. : Фолиант, 2019. — 448 с.

ISBN 978-5-93929-300-6

Книга представляет собой обзор современных исследований микроорганизмов, обитающих в криогенных средах нашей планеты, а также некоторых инженерных технологий их извлечения из глубин ледяных щитов и холодных вод. В монографии обсуждаются вопросы биологического разнообразия микробиоты криогенных мест обитания, освещены механизмы адаптации клеток к изменяющимся условиям окружающей среды, различные аспекты сохранения и изменения вирулентности патогенных и условно-патогенных микроорганизмов, роль микробной биомассы в качестве одного из факторов развития процессов глобального потепления. Особый интерес представляет оценка авторами криосферы в качестве модельного объекта для изучения распределения микроорганизмов в самых различных биотопах и исследования пределов распространения живой материи вне нашей планеты.

Для специалистов различных отраслей биологии и медицины, в том числе микробиологов, специалистов в области медицинской микробиологии и эпидемиологии инфекционных заболеваний, генетиков, экологов и почвоведов. Книга может представлять интерес для исследователей в области наук о Земле, например для мерзлотоведов, гляциологов, океанологов, геологов, геохимиков и др., а также для студентов и аспирантов, изучающих естественнонаучные дисциплины или специализирующихся в медицине.

УДК 576.8.095:578.233:624.142

ББК 28.4

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

Предисловие . . . . .	6
От авторов . . . . .	8
Список сокращений . . . . .	10
<b>Глава 1. ОПИСАНИЕ КРИОСФЕРЫ . . . . .</b>	<b>12</b>
Проблемы и возможности молекулярно-генетического анализа микроорганизмов в различных средах их обитания на Земле . . . . .	16
<b>Глава 2. МИКРОБИОТА АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ . . . . .</b>	<b>22</b>
Проблемы отбора проб воздуха . . . . .	22
Содержание микроорганизмов в воздухе и в атмосферных облаках . . . . .	25
Признаки жизнедеятельности микроорганизмов в атмосфере Земли . . . . .	28
Участие микроорганизмов в формировании ледяных ядер конденсации (в процессах нуклеации). . . . .	30
Метагеномика атмосферы . . . . .	34
Молекулярно-филогенетические исследования микробиоты атмосферы. . . . .	37
Стрессовые реакции микроорганизмов в воздушной (облачной) среде их обитания . . . . .	43
<b>Глава 3. МИКРОБИОТА СНЕЖНОГО ПОКРОВА . . . . .</b>	<b>52</b>
Снежный покров как среда обитания микроорганизмов. . . . .	55
Микробиота снежных покровов полярной суши . . . . .	58
Микробиота снежного покрова полярных ледников . . . . .	78
Микробиота снежного покрова горных ледников . . . . .	81
Микробиота снежного покрова морского льда . . . . .	85
Экосистемные функции снежного покрова . . . . .	88
<b>Глава 4. МИКРОБИОТА ШЕЛЬФОВЫХ ЛЕДНИКОВ, МОРСКИХ ЛЬДОВ И ХОЛОДНОЙ ВОДЫ ОКЕАНОВ И МОРЕЙ . . . . .</b>	<b>97</b>
Микробиота шельфовых ледников . . . . .	100
Микробиота морского льда . . . . .	109
Микробиота холодной воды океанов и морей. . . . .	115
<b>Глава 5. МИКРОБИОТА ЛЕДНИКОВ НА СУШЕ . . . . .</b>	<b>126</b>
Микробиота антарктических подледниковых озер . . . . .	143

Глава 6. <b>МИКРОБИОТА ПОЛЯРНЫХ И ГОРНЫХ ОЗЕР</b> . . . . .	166
Микробиота арктических озер . . . . .	166
Микробиота антарктических озер . . . . .	169
Микробиота горных (альпийских) озер . . . . .	184
Вирусы в холодной воде и во льду озер . . . . .	187
Глава 7. <b>МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫЕ ЗОНЫ, УГЛЕРОДНЫЙ ЦИКЛ И ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА</b> . . . . .	195
Зоны вечной мерзлоты на нашей планете . . . . .	196
Роль углеродного пула в вечной мерзлоте . . . . .	202
Некоторые оценки последствий изменения климата Земли для мерзлотных регионов . . . . .	211
Международные усилия, направленные на изучение природных процессов в изменяющейся Арктике . . . . .	216
Глава 8. <b>МИКРОБИОТА В ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЕ</b> . . . . .	220
Адаптации в микробной клетке для жизни при низких и отрицательных температурах . . . . .	220
Свойства мерзлотных изолятов . . . . .	222
Мерзлота как среда обитания микроорганизмов . . . . .	228
Разнообразие микроорганизмов и состав их сообществ в вечной мерзлоте	234
Метагеномика и сведения об «омик»-подходах в исследованиях разнообразия мерзлотной микробиоты . . . . .	239
Роль мобильных генетических элементов в вечной мерзлоте . . . . .	251
Пределы для микробной жизни в вечной мерзлоте . . . . .	260
Мерзлота как модель внеземного биома . . . . .	264
Глава 9. <b>ПАТОГЕННАЯ МИКРОБИОТА ЗЕМНОЙ КРИОСФЕРЫ И ПРИРОДНАЯ ОЧАГОВОСТЬ ИНФЕКЦИЙ В ПОЛЯРНЫХ РЕГИОНАХ</b> . . . . .	269
Сведения о существовании микроорганизмов-патогенов в криосфере Земли	271
Бактериальные патогены . . . . .	272
Микромицетовые патогены . . . . .	276
Угрозы вирусных инфекций в полярных регионах . . . . .	279
Клеточно-молекулярные механизмы, поддерживающие вирулентность патогенов в криогенной среде . . . . .	283
Геномные ассоциации хозяин — патоген в криофильной микробиоте . . . . .	291
Пути распространения патогенных детерминант в полярных регионах . . . . .	296
Глава 10. <b>ТЕХНОЛОГИИ ГЛУБИННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЛЬДА И ВОДНОЙ СРЕДЫ</b> . . . . .	303
Разработка малозатратных, информационно емких технологий глубинного зондирования труднодоступных акваторий Арктики и Антарктики . . . . .	304
Проблемы глубинных исследований толстых льдов (ледников, ледяных щитов) . . . . .	312
Проблемы колонкового бурения ледяных щитов . . . . .	316
Малогабаритные буровые установки . . . . .	318
Технология обустройства скважин проплавлением льда горячей водой . . . . .	319
Зонды для выполнения миссии в подледниковое озеро Уилланс . . . . .	324
Зонды для миссии в подледниковое озеро Эллсворт . . . . .	326
Проблемы сохранения природной подледниковой среды при обустройстве скважин с открытым доступом . . . . .	326
Технологии исследования ледников, ледяных щитов и подледниковых озер без нарушения их ледяной изоляции . . . . .	330
Проблемы исследования мощных ледниковых щитов и подледниковых сред . . . . .	331

Проекты зондов для герметичного проникновения в подледниковые среды . . . . .	332
Принципы термогидравлического скоростного бурения льдов . . . . .	335
Концепция ТГБ-зонда для исследования мощных массивов льдов и подледниковых водных сред . . . . .	336
Сравнение ТГБ-крибота (Россия) с криботом VALKYRIE . . . . .	340
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ . . . . .</b>	<b>342</b>
Жизнедеятельность микробиоты криосферы — фактор формирования географической оболочки нашей планеты . . . . .	342
Ключевые стратегии выживания микроорганизмов в криосфере Земли . . . . .	346
Послесловие . . . . .	355
Благодарности. . . . .	357
Библиографические ссылки . . . . .	359