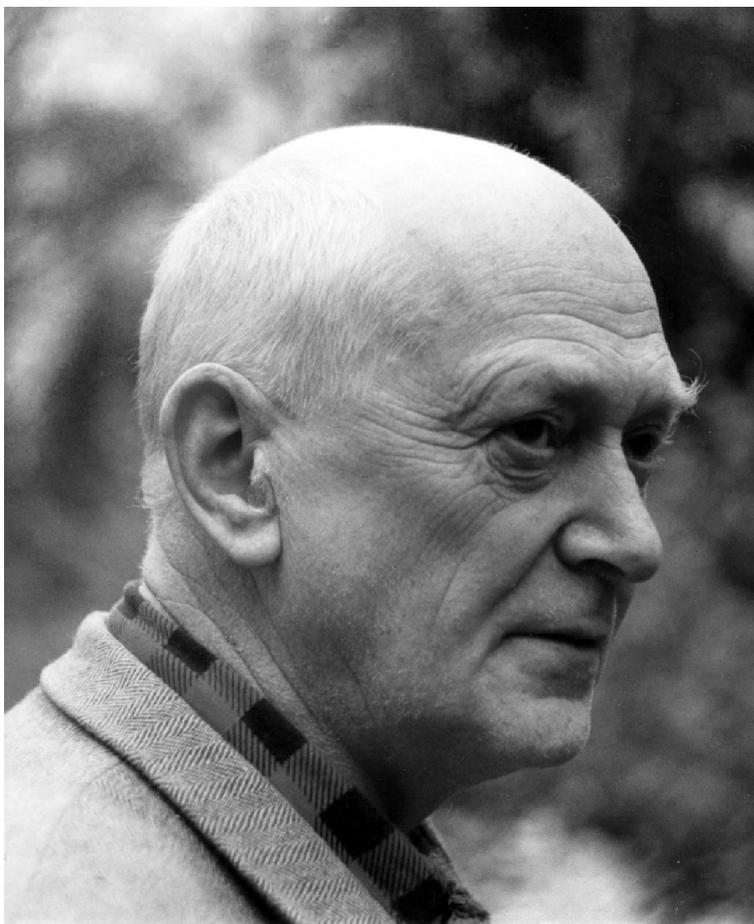


КОНФЕРЕНЦИЯ

**Микробные сообщества  
в эволюции биосферы  
с древнейших времен  
до наших дней**

посвященная памяти Георгия Александровича Заварзина  
в рамках программы Президиума РАН  
«ЭВОЛЮЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА  
И ПЛАНЕТАРНЫХ ПРОЦЕССОВ»

состоится 17 ноября 2016 года  
в Палеонтологическом институте им. А.А. Борисяка  
по адресу: ул. Профсоюзная, 123  
(проезд до станции метро «Коньково» или «Теплый Стан»)



Георгий Александрович Заварзин

1933–2011

Регистрация участников: **10.00 – 10.30**

Начало конференции: **10.30**

Ак. А.Ю. Розанов. Вступительное слово – **10.30 – 10.40**

**10.40 – 11.00.** В.Н. Пименов

**Образование аутигенных карбонатов при анаэробном окислении метана**

В последние десятилетия получены убедительные доказательства существования в морских водоемах масштабного процесса анаэробного окисления метана (АОМ) при участии консорциума метанотрофных архей, филогенетически близких к метаногенам, и сульфатредуцирующих бактерий. По современным оценкам более 50% метана, образующегося в океане, окисляется в анаэробной зоне, обеспечивая тем самым биогеохимический круговорот этого парникового газа в морских водоемах. Наиболее высокие скорости АОМ наблюдаются в районах разгрузки углеводородных газов – метановых сипов. Интенсивные процессы микробного образования углекислоты из метана с последующим высаживанием аутигенных карбонатов, так называемых “methane derived carbonates”, часто приводит к образованию в зонах углеводородных высачиваний массивных карбонатных построек. На примере подводных метановых сипов и грязевых вулканов различных районов Мирового океана будут обобщены результаты исследований процесса АОМ, сопровождающегося образованием разных типов аутигенных карбонатов.

**11.00 – 11.20.** Д.Г. Заварзина, Т.Н. Жилина

**Цикл железа в содовых озерах. Новые функциональные возможности известных групп вторичных анаэробов**

Исследования способности алкалофильной железоредуцирующей бактерии *Geoalkalibacter ferrihydriticus* использовать железо, входящее в состав биотита и глауконита привело к обнаружению новой функциональной возможности этой бактерии – способности окислять железо с использованием в качестве акцептора электрона карбонат. Экстремальные гомоацетогенные бактерии рода *Fuchsiella*, так же как и алкалофильные сульфат- и сероредуцирующие бактерии, оказались способны к диссимиляторной железоредукции.

**11.20 – 11.40.** О.С. Самылина

### **Современные содовые озера как реликтовые биотопы**

Современные содовые озера в качестве реликтовых биотопов, аналоги которых могли иметь широкое распространение в докембрии, рассматриваются с позиций двух гипотез: «содового океана» (Kemp, Degens, 1985) и «содового континента» (Заварзин, 1993). В докладе будет произведен анализ палеонтологических и микробиологических данных с целью выявления роли содовых условий на ранних этапах эволюции биосферы.

**11.40 – 12.00.** КОФЕ, ЧАЙ

**12.00 – 12.20.** В.Н. Сергеев

### **Биостратиграфический парадокс докембрийских цианобактерий: вертикально выдержанные ассоциации и эволюционные изменения протерозойских прокариот**

Докембрийские цианобактерии демонстрируют беспрецедентный эволюционный консерватизм, практически не изменившись за последние 2 миллиарда лет, когда рода и виды древних форм имеют современных аналогов на родовом или даже видовом уровне. Однако протерозойские цианобактерии и другие прокариоты образуют неповторимые во времени ассоциации ограниченного вертикального и широкого латерального распространения, наиболее яркими представителями которых являются микробиоты ганфлинского типа палеопротерозоя и Archaeoellipsoides-доминирующие ассоциации микрофосилий котуйканского типа раннего рифея. Это таксономическое своеобразие и узкое вертикальное распространение отражает не эволюционные изменения, а необратимую смену глобальных условий обитания на поверхности планеты, отразившихся и в вертикальной стратификации комплексов строматолитов. Однако в течение протерозоя среди ископаемых сине-зеленых водорослей наблюдаются и эволюционные изменения: появление стебельковых цианобактерий Polybessurus в среднем рифее и спирально-цилиндрических цианобактерий Obruchevella в позднем рифее.

**12.20 – 12.40.** В.М. Горленко

### **Роль древнейших нитчатых аноксигенных фототрофных бактерий в истории Земли**

Фототрофные бактерии, осуществляющие аноксигенный фотосинтез, были основными продуцентами органического вещества практически со времен раннего подтверждения существования жизни на Земле (3.5–3.7 Ga). Нитчатые аноксигенные фототрофные бактерии (НАФБ) по ряду данных были первыми фототрофами, о чем свидетельствуют древние строматолитовые постройки, сформированные в анаэробных условиях и филогенетические исследования. В презентации приводятся собственные и литературные данные об эволюции и предполагаемой роли АНФБ в истории Земли.

**12.40 – 13.00.** Ю.В. Болтянская, В.В. Кевбрин

### **Протеолитический путь в алкалофильном микробном сообществе**

Для алкалофильного микробного сообщества подтверждено существование протеолитического пути разложения накопленной биомассы фототрофных первичных продуцентов. На примере бинарной культуры цианобактерия – протеолитик показана возможность существования автономной прокариотной системы в далеком прошлом Земли.

**13.00 – 13.20.** Е.А. Воробьева, В.С. Чепцов, А.А. Белов, О.А. Соловьева, М.О. Крючкова, А.Е. Иванова, Г.А. Осипов, А.К. Павлов, В.Н. Ломасов

### **Стрессоустойчивость микроорганизмов в природных гетерофазных системах**

Стрессоустойчивость микробных сообществ в природных местообитаниях формируется как адаптивная реакция на множественное воздействие физических и химических факторов. Эволюционные изменения планеты обеспечили широкий диапазон и разнообразие комбинаций воздействия различных факторов на биологическую форму жизни. Адаптивный ответ на стресс формировался на уровне экосистем, вырабатывая универсальные и специфические механизмы устойчивости. На примере гетерофазных минеральных систем (почвы, породы, ледогрунт) показано,

что стрессоустойчивость прокариот и эукариот недооценена и может быть рассмотрена применительно к внепланетным условиям.

### 13.20 – 14.00. ОБЕД

14.00 – 14.20. А.С. Саввичев, Н.М. Кокрятская, В.М. Горленко, М.В. Иванов

#### **Микробные процессы циклов углерода и их связь с изменением изотопного состава углерода в пресноводном меромиктическом озере светлое (Архангельская область)**

Меромиктические водоемы являются классическими объектами исследований лимнологов, биогеохимиков, микробиологов и эволюционистов. В водной толще таких озер формируется многослойное микробное сообщество, состоящее из фототрофных, хемотрофных и гетеротрофных микроорганизмов, достигающее высокой плотности в зоне хемоклина. Некоторые современные меромиктические водоемы считаются аналогами древнего океана. В Архейском и ранне-протерозойском океане вместо сульфида присутствовало закисное железо. Нами проведены биогеохимические, изотопно-геохимические и микробиологические исследования пресноводного меромиктического оз. Светлое, принадлежащего к бассейну Белого моря. В придонном слое озера Светлое обнаружено значительное количество солей железа (до 240  $\mu\text{M}$ ), марганца (до 60  $\mu\text{M}$ ), сульфида (2  $\mu\text{M}$ ), а также метана (30 мМ). Максимум численности микроорганизмов приходился на зону хемоклина (ред-окс зону). Пик оксигенного фотосинтеза ( $0.43 \mu\text{M C л}^{-1} \text{сут}^{-1}$ ) находился в зоне концентрации цианобактерий филогенетически близких к *Synechococcus tubescens*. Величина аноксигенного фотосинтеза на границе анаэробной зоны составила  $0.43 \mu\text{M C л}^{-1} \text{сут}^{-1}$ . Радиоизотопным методом зарегистрировано окисление метана (до  $3.4 \mu\text{M CH}_4 \text{ л}^{-1} \text{сут}^{-1}$ ) как в аэробной зоне, так и в бескислородных слоях мнимомолимиона. Предполагается участие закисного железа в анаэробном окислении метана. В хемоклине обнаружено большое количество психрофильных видов метанотрофных бактерий рода *Methylobacter* и метилотрофных бактерий рода *Methylotenera*. Микроскопический контроль воды с глубин 23 и 24 метров показал скопления мелких клеток, окруженных оксидами железа и марганца. В концентрации оксидов металлов принимали участие фикозитрин-содержащие

цианобактерии рода *Synechococcus*, а также, фототрофные бактерии филума *Chlorobi*. Микроскопический контроль показал, что меньшая роль в окислении солей закисного железа принадлежит аэробным железобактериям морфотипа “*Siderocapsa*”. Данные по определению изотопного состава углерода органического вещества взвеси и изотопного состава растворенного минерального углерода в воде оз. Светлое хорошо согласуются с результатами определения активности микробных процессов. Основной пик активности микробных процессов, зафиксированный на глубине 23.0 м, совпадает с локальным максимумом величины фракционирования изотопов углерода ( $\Delta=39.6\%$ ). В этом слое углерод органического вещества облепчается до  $-42.2\%$ , а минеральный углерод сохраняет значение  $-2.6\%$ . В вышележащих кислородсодержащих горизонтах, где количество взвеси было намного ниже, была ниже и величина фракционирования изотопов углерода ( $\Delta$  от 30.5 до 36.0%). В анаэробном водном слое изотопный состав углерода органического вещества варьирует от  $-31.6\%$  до  $-34.7\%$ , а величина фракционирования составляет  $\Delta=28.6-33.6\%$ .

14.20 – 14.40. М.М. Астафьева

#### **Микробиальная колонизация остывающих лавовых потоков**

На самых ранних этапах развития Земли, в архее, большая часть Земли была расплавленной из-за активного вулканизма и интенсивной метеоритной бомбардировки, которая закончилась около 4.0 млрд. лет тому назад. Прекращение или ослабление космических бомбардировок позволило планете остыть и образовать твердую земную кору. Именно с этого времени и начинается геологически документированная история Земли. Соответственно самые ранние породы Земли были вулканогенными, метаморфические и осадочные породы были образованы позднее (древнейшие метаосадочные породы имеют возраст 3.7–3.85 млрд. лет). Поэтому вопрос колонизации лав микроорганизмами на самых ранних этапах эволюции жизни на Земле имеет колоссальное значение.

14.40 – 15.00. С.В. Рожнов

#### **Роль цианобактериальных пленок в формировании ордовикских хардграундов Балтийского палеобассейна**

В среднем ордовике Ленинградской области широко распространены хардграунды (поверхности морского дна, отвердевав-

шие одновременно с осадконакоплением). Часть из них в волховском региональном ярусе связаны с карбонатными биогенными постройками. Ведущую роль в формировании всех изученных хардграундов, как показало их изучение под сканирующим электронным микроскопом, играли микробиальные пленки, гликокаликс которых быстро минерализовался и скреплял мелкие карбонатные частицы.

**15.00 – 15.20.** А.И. Антошкина

#### **Микробиальное участие в формировании карбонатных стяжений как характеристика обстановок седиментации (на примере палеозоя Тимано-Североуральского региона)**

Существовали и существуют споры об участии микроорганизмов в формировании карбонатных стяжений. При электронно-микроскопическом изучении венлокских ооидов выявлено присутствие минерализованных биопленок, структура матрикса и строение которых показывают большое сходство с гликокаликсом (минерализованной внеклеточной полимерной субстанцией). Образование венлокских ооидов определялось пресноводным характером водоема и преимущественно малоподвижным гидродинамическим режимом, периодически нарушавшимся поступлением обломочного материала, вокруг которого также начинала образовываться радиально-лучистая кальцитовая оболочка. Кроме того, можно наблюдать вокруг некоторых скелетных фрагментов и литокластов формирование вадозного цемента. Крайнее мелководье данного водоема даже при небольших колебаниях дна бассейна приводило к выводу осадков в вадозно-фреатические обстановки. Существование в это время водоема с нарушенным водообменом подтверждается крайне скудным таксономическим составом эврифациального и эвригалинного бентосного сообщества, присутствием гидроксидов железа, гетита и фрамбоидального пирита и облегченным изотопным составом углерода в ооидах.

О роли бактерий в формировании нижнекаменноугольных сидеритовых конкреций разных морфотипов также говорит присутствие бактериоморфных структур, обилие фрамбоидального пирита и органического вещества. Интересный факт, что в конкрециях также было выявлено присутствие специфической ассоциации сульфидов, сульфоселенидов и теллуридов, не характерных для нормально-осадочных пород.

Присутствие в конкрециях одновременно с бактериоморфными структурами фосиллий гониатитов позволило предположить, что на формирование сидеритовых конкреций оказали влияние придонные газо-флюидные (сероводородные и метановые) выщачивания, которые в бассейне с нормально-морской фауной на стадии самого раннего диагенеза/сингенеза приводили к локальному сероводородному заражению, колебанию солёности и интенсивному развитию бактериальных сообществ.

**15.20 – 15.40.** С. Булат, М. Доронин, Г. Павлов, О. Белова, Д. Карлов, Д. Мари, Ж-Р. Пети

#### **Железо- и сероокисляющие бактерии под Восточным Антарктическим щитом**

В результате сравнительного анализа льда керна Восток (Центральная Восточная Антарктида; один горизонт – три скважины) и керна D10 (прибрежная черта в районе французской станции Dumont d'Urville) достоверно выявлены три филотипа (вида) аэробных железо-окисляющих бета-протеобактерий семейства Gallionellaceae (родственные на уровне рода известные культуры – *Sideroxydans lithotrophicus* и *Ferriphaseelus amnicola*), один из которых оказался одним и тем же видом в кернах Восток (скважина 5Г-3) и D10. Кроме того, был достоверно выявлен один филотип сероокисляющих бацилл *Tumebacillus* sp., который присутствовал как в керне Восток (скважина 5Г-2), так и керне D10. Возраст льда обоих кернов примерно одинаков – около 20 тыс. лет, однако происхождение льда разное – атмосферный лед Dumont d'Urville против озерного льда Восток. Время хранения льда до обработки очень варьирует (от 0.5 года до 40 лет), как и промежутки между обработками льда (от 1 года до 5 лет). Расстояние между местами бурения – более 1000 км, дренажная система (перенос воды под ледовым щитом) от озера Восток к станции Dumont D'Urville не очевидна.

Как можно объяснить такое совпадение находок? По-видимому, сходным материалом (минералы) с подложки ледника, содержащим двухвалентное железо и восстановленные соединения серы, и близкими физико-химическими условиями – жидкая пресная вода при температуре около точки замерзания. Эти и другие предположения рассматриваются в настоящем сообщении.

**15.40 – 16.00. КОФЕ, ЧАЙ**

**16.00 – 16.20.** А.О. Алексеев, Т.В. Алексеева, П.И. Калинин

#### **Коры выветривания и палеопочвы девона, информативность о биогенных процессах**

В докладе будут представлены результаты исследования палеорельефа девонских отложений в карьере Михайловского ГОКа включающего коры выветривания и палеопочвы. Сравнительного анализа морфологических, геохимических и минералогических данных для палеопочв и кор выветривания позволяет выделить различия, свидетельствующие о биокостных взаимодействиях в первую очередь в почвах, для которых воздействие биоты представляется доминирующим фактором.

**16.20 – 16.40.** В.С. Соина, Н.С. Мергелов, А.Г. Кудинова, Л.В. Лысак

#### **Перспективы исследований микробных сообществ в формировании почв в экстремальных условиях Антарктиды**

В докладе обсуждается роль микроорганизмов, заселяющих приповерхностные слои внутри плотных пород, способствующих преобразованию *in situ* минеральных субстратов, позволяющих применить к таким преобразованиям понятие «почва». Приводятся результаты комплексного исследования бактериальных и водорослевых сообществ криптогамных пустошей оазисов Восточной Антарктиды, свидетельствующие о специфике заселения микроорганизмами формирующихся горизонтов, их высокой жизнеспособности и устойчивости к экстремальным условиям среды.

**16.40 – 17.00.** В.А. Лучинина

#### **Симбиотические связи в эволюции кембрийских органогенных построек**

Материалы последних лет по исследованиям Мирового океана свидетельствуют о том, что биологические экосистемы обеспечивались питательными веществами, выработанными хемоавтотрофными бактериями, а не только фотосинтезирующими организмами. Подтверждением этого положения могут служить процессы, связанные с кембрийской Сахайской органогенной полосой, располагавшейся на склонах тектонических структур Сибирской платформы с многочисленными флюидными источниками, вблизи которых обитали организмы-фильтраторы. Прокариоты из гидротермальных источников усваивали необходимые химические элементы и переносили их организму-хозяину (известковые водоросли, археоциты и др.).

**17.00 – 17.20.** Е.А. Жегалло, Л.В. Зайцева, В.К. Орлеанский, О.С. Самылина, Г.А. Карпов

#### **Роль бактерий в образовании гейзеритов Камчатки**

Совместное изучение палеонтологами микробиологами гейзеритов Камчатки дало вещественные доказательства активного участия конкретных видов термофильных микроорганизмов в формировании своеобразных пород – гейзеритов, которые представляют собой кремнистые отложения горячих источников. Было обнаружено, что в этих образованиях обычно присутствует обильная фоссилизированная микробиота, причем, наблюдается как ее постмортальное окремнение, так и прижизненная силицификация. Полученные данные позволили выделить гейзериты Камчатки как модельный объект бактериальной палеонтологии.

**17.20 – 17.40.** А.В. Борисов, Т.С. Демкина, Н.Н. Каширская, Т.Э. Хомутова, Е.В. Чернышева

#### **Информационный потенциал микробных сообществ почв археологических памятников**

Погребенные почвы курганов и культурные слои древних поселений являются носителями информации о климатических условиях прошлых эпох и особенностях антропогенной деятельности в древности. Информационный потенциал почв археологических памятников основан на способности почвенного микробного сообщества изменять свою структуру в результате действия внешних факторов естественной и антропогенной природы и сохранять эти изменения неопределенно долгое время.

**17.40 – 18.00.** Л.В. Ксанфомалити

#### **Признаки гипотетической флоры и фауны на планете Венера**

Ближайшая к Земле планета Венера по своему положению в Солнечной системе, размерам, получаемой от Солнца радиации, составу и другим свойствам мало отличается от Земли. Вместе с тем, физические условия на Венере весьма значительно отличаются от земных. Планеты обладают огромными различиями в составе атмосферы, на Венере нет воды, очень высокие температуры и давление у поверхности. Потерян угловой момент вращения планеты, в результате чего световой день на Венере длится 60 суток. С началом космических исследований планет вопросов

стало еще больше. Телевизионные эксперименты, выполненные с помощью аппаратов ВЕНЕРА, в которых впервые был получен вид поверхности планеты, остаются не повторенными до сих пор ни одним космическим агентством мира, главным образом, из-за технических сложностей.

За прошедшие годы к старым данным обращались снова и снова, по мере совершенствования средств обработки и быстрого накопления в конце XX – начале XXI вв. сведений о свойствах тел Солнечной системы. Многообещающие результаты новой обработки имевшихся данных были получены в 2003–2016 гг. Анализ обработанных заново результатов телевизионных экспериментов показал, что ответ на вопрос о существовании жизни вне Земли, возможно, удастся отыскать не в других мирах, удаленных на десятки парсеков, а на поверхности этой ближайшей планеты Солнечной системы. Очевиден факт, что высокая температура поверхности планеты, 460 °С, при огромном давлении (8.7–9.2 МПа) бескислородной атмосферы планеты исключает возможность существования на Венере земной, аминокислотной формы жизни. Вместе с тем, тщательный анализ изображений, переданных аппаратами ВЕНЕРА почти 40 лет назад, в 1975 и 1982 гг., указывает на присутствие на поверхности Венеры странных объектов, напоминающих земные живые формы.

**18.00 – 18.20.** С.Ю. Маленкина

#### **Вариативность морфологии оксфордских микробиальных построек московской синеклизы в зависимости от масштаба наблюдений**

На примере оксфордских строматолитов Московской синеклизы можно наглядно видеть, как меняется морфология одних и тех же строматолитовых построек в зависимости от масштаба наблюдения. Так, при макронаблюдении в обнажении может быть выделен пластовый морфологический тип строматолитовой постройки, который при микроскопических наблюдениях не всегда сохраняет свою ламинарность, а оказывается состоящим из карбонатных и глауконитовых микрожелвачков, при дальнейшем увеличении становятся заметны микростолбики, и, наконец, при еще более крупном увеличении они разбиваются на микросгустки, образующие эти столбики и купола. Иногда такие «превращения» выстраиваются в сложную иерархию.

## **Постеры**

А.А. Белов, Е.А. Воробьева

#### **Устойчивость экстремальных микробных сообществ архипелага Новая Земля к физико-химическим факторам среды**

Исключительный интерес к микробиологическим исследованиям экстремальных местообитаний Земли продолжает нарастать. Значительный объем информации накоплен по изучению микроорганизмов-экстремофилов, длительное время пребывавших в состоянии глубокого анабиоза в условиях постоянных отрицательных температур: обнаружению новых устойчивых видов, изучению процессов адаптации клетки в естественной среде обитания, оценке пределов устойчивости. Анализ микробных сообществ вечномерзлых местообитаний важен как с точки зрения реконструкции условий былых биосфер, так и в изучении пределов жизнеспособности микробных клеток, возможности выхода земной жизни за пределы планеты, обоснованию астробиологического поиска. Существенный вклад это направление исследований должно внести и в развитие новых, в том числе космических, технологий.

С.В. Рожнов, Л.В. Зайцева

#### **Гигантские онколиты из силура Китая**

Микроструктура и состав гигантских онколитов, размером до 5 см, собранных во время геологической экскурсии в Китае, изучена методами сканирующей электронной микроскопии, рентгеноспектрального микроанализа и ИК-Фурье спектроскопии. Показано присутствие микрофлоры в онколитах. Определен карбонатно-силикатный состав минералов. Установлена цикличность накопления углерода и кремния. Выдвинуты предположения об особенностях их формирования.

А.Л. Рагозина, Д. Доржнамжаа, Л.В. Зайцева

#### **Цианобактериальные маты в постледниковых отложениях (венд) разреза р. Цаган-Гол (Западная Монголия)**

В верхней части цаганаломской свиты (венд) в морских постледниковых карбонатно-терригенных отложениях обнаружены фрагменты минерализованных цианобактериальных матов. Отмечено присутствие многочисленных биопленок, нитчатых цианобактерий, современными аналогами которых является *Microcoleus*, а также проблематичных бактерий, вероятно деструкторов.

В.К. Орлеанский, Г.М. Зенова, Е.А. Жегалло, Л.В. Зайцева

### **Бактериальный мир – начало биожизни на планете Земля**

Бактериальный мир – начальные биоорганизмы на планете Земля. За многомиллионный срок их формирования природа вложила в них свои законы, которые можно сформулировать: родиться, выжить, дать потомство, умереть. Эти положения – законы, отработанные природой на бактериальном уровне развития биомира, затем, в процессе эволюции, перешли в другие миры: в мир растений, мир животных и далее в мир человечества.

В.С. Чепцов

### **Устойчивость природных микробных сообществ к воздействию гамма-излучения**

Устойчивость микробных сообществ, населяющих природные местообитания, к воздействию ионизирующего недостаточно изучена. Данные о стерилизующих дозах противоречивы, а условия, способствующие высокой устойчивости микроорганизмов, остаются невыясненными. Нами проведено облучение почв гамма-излучением в градиенте доз от 159 кГр до 1.35 МГр с целью определения предела устойчивости микробных сообществ к воздействию гамма-излучения. Показано, что почвенные микробные сообщества способны выдерживать облучение гамма-излучением в дозах не менее 463 кГр. Полученные данные свидетельствуют о том, что устойчивость микробных сообществ к воздействию ионизирующей радиации существенно недооценивается.

М.О. Крючкова

### **Сообщества микроскопических грибов экстремальных пустынных местообитаний как объект астробиологических исследований**

В составе микробных сообществ из экстремальных местообитаний присутствуют организмы, обладающие широким набором механизмов защиты от стрессовых факторов. В работе исследована устойчивость сообществ микроскопических грибов из пустынных почв к ионизирующему облучению в суммарных дозах 100 кГр и 1 МГр в условиях низких температуры и давления ( $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 1 Торр). Показано, что ряд видов микромицетов сохраняют жизнеспособность, более того, зарегистрирована активация их развития. Результаты исследования требуют пересмотра представлений об устойчивости эукариот.