

Конкурс научных работ ИКИ РАН 2017 г.

Авторы: V.S. Cheptsov, E.A. Vorobyova, N.A. Manucharova, M.V. Gorlenko, A.K. Pavlov, M.A. Vdovina, V.N. Lomasov, S.A. Bulat.

Название: 100 kGy gamma-affected microbial communities within the ancient Arctic permafrost under simulated Martian conditions.

Ссылки на публикацию: Extremophiles. In press. DOI: 10.1007/s00792-017-0966-7

Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность: Выяснение пределов устойчивости микроорганизмов к воздействию экстремальных факторов и оценка возможности сохранения микроорганизмов и биомаркеров в составе различных объектов Солнечной системы. Актуальность проблемы связана, в первую очередь, с необходимостью планирования астробиологических космических миссий: выбором объектов и регионов исследования, разработкой методов обнаружения жизни.

Конкретная решаемая в работе задача и ее значение: Исследование радиорезистентности микробных сообществ вечномерзлых осадочных пород (земных аналогов реголита Марса) в условиях низкой температуры и низкого давления.

Предполагается, что потенциальная биосфера Марса может сохраняться в криоконсервированном состоянии, и главным фактором, лимитирующим длительность ее сохранения, является накопление радиационных повреждений клетками. Определение предела радиорезистентности микроорганизмов позволит оценить длительность сохранения микроорганизмов в реголите, в том числе на различной глубине.

Используемый подход, его новизна и оригинальность: Нами исследовано совокупное воздействие ряда физических факторов (гамма-излучение, низкое давление, низкая температура) на микробные сообщества древних арктических мерзлых осадочных пород. Моделирование воздействия этих факторов само по себе является сложной технической задачей. В работе использовалась оригинальная климатическая камера, позволяющая поддерживать низкое давление и низкую температуру во время облучения гамма-излучением. Важной особенностью исследования является использование в качестве модельного объекта природного микробного сообщества, в то время как в большинстве астробиологических экспериментов исследуются чистые культуры микроорганизмов. Исследован уникальный природный объект – древние мерзлые породы, не оттаивавшие около 2 млн. лет, и являющиеся одним из наиболее близких земных аналогов марсианской «мерзлоты». В целом, нами проведен модельный эксперимент, полнее воспроизводящий условия криоконсервации в реголите Марса, чем большинство работ других авторов. Также важно, что в работе исследовано воздействие высоких доз гамма-излучения (100 кГр) на жизнеспособность прокариот, в то время как ранее живые прокариоты не обнаруживались при облучении дозами выше 80 кГр.

Полученные результаты и их значимость: Целью работы было изучение жизнеспособности и биоразнообразия микробных сообществ древней арктической

вечномерзлой породы после воздействия гамма-излучения дозой 100 кГр в условиях низкой температуры (-50°C), низкого давления (1 торр) и высушивания. Основная задача заключалась в оценке возможности длительного выживания микроорганизмов земного типа в подповерхностном слое марсианского реголита или внутри небольших космических тел при постоянном поглощении и накоплении дозы гамма-излучения.

Исследованные микробные сообщества показали высокую устойчивость к воздействию моделируемых условий марсианской среды. После облучения общая численность клеток прокариот и число метаболически активных бактериальных клеток сохранилось на контрольном уровне, численность культивируемых бактерий сократилась на 2 порядка, а количество метаболически активных клеток архей уменьшилось в три раза. Однако численность культивируемых бактерий после облучения сохранилась на высоком уровне: не менее  $3,7 \times 10^5$  клеток/г. Потенциальная метаболическая активность облученных микробных сообществ в целом была выше, чем в контрольном образце.

В облученном образце вечной мерзлоты обнаружено довольно высокое разнообразие бактерий, хотя после облучения структура микробного сообщества претерпела значительные изменения. В частности, популяции актинобактерий рода *Arthrobacter*, которые не были выявлены в контрольных образцах, стали преобладать в бактериальных сообществах после воздействия модельных условий.

Результаты исследования свидетельствуют о возможности длительной криоконсервации жизнеспособных микроорганизмов в марсианском реголите. Интенсивность ионизирующего излучения на поверхности Марса составляет 0.05-0.076 Гр/год и снижается с глубиной, составляя около 0.005 Гр/год на глубине около 5 м. С учетом интенсивности излучения в реголите Марса, полученные нами данные позволяют предполагать сохранение гипотетических экосистем Марса в анабиотическом состоянии в поверхностном слое реголита (защищенном от УФ-лучей) в течение не менее 1.3-2 млн. лет, на глубине 2 м (предполагаемая глубина отбора образцов миссией ExoMars 2020) – не менее 3.3 млн. лет, на глубине 5 м – не менее 20 млн. лет. Полученные данные также могут быть применены для оценки возможности обнаружения жизнеспособных микроорганизмов на других объектах Солнечной системы и внутри малых тел в космическом пространстве.

Впервые показана возможность выживания прокариот при облучении ионизирующей радиацией в дозах свыше 80 кГр. Полученные данные указывают как на возможную недооценку радиорезистентности природных микробных сообществ, так и на необходимость исследования синергетического воздействия совокупности инопланетных и космических факторов на живые организмы и биомолекулы в астробиологических модельных экспериментах.