

Метаногенные археи в условиях космоса: эксперимент «ТЕСТ» на внешней поверхности МКС

¹Ошуркова В.И., ²Дешева Е.А., ¹Щербакова В.А.

¹ФИЦ «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН»,

Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина РАН,

²Институт медико-биологических проблем РАН (ИМБП); oshurkova.viktoriya@gmail.com

Первый этап космической программы «ТЕСТ» (2011-2013 гг.) был направлен на исследование экологического состояния космических объектов и определение предпосылок и возможных механизмов возникновения и развития деструктивных процессов на поверхности Международной космической станции (МКС) и исследование космической пыли, оседающей на МКС [1]. Результатом этих исследований стало, в том числе, обнаружение некультивируемых групп архей в составе биозоля, собранного на внешней поверхности МКС специально разработанными для этой цели пробоотборниками в составе прибора «Тест».

Метаногены - это анаэробные хемолитотрофные археи, способные усваивать углекислый газ и другие неорганические соединения для образования метана, и которые могут существовать при дефиците органических соединений, отсутствии свободного кислорода и крайне низком количестве незамерзшей воды. Отдельные штаммы могут выдерживать низкое давление и высушивание [2], а также низкие температуры [3]. Благодаря таким свойствам, метаногенов можно рассматривать в качестве уникальных модельных микроорганизмов для изучения влияния космических условий (отсутствие кислорода, УФ-излучение и вакуум), что открывает новые возможности для поиска углеродной жизни во Вселенной.

Наши исследования были направлены на выбор метаногенного кандидата для участия во втором этапе эксперимента «ТЕСТ», направленного на изучение возможности сохранения микроорганизмов, помещенных на поверхность МКС и экспозиции в течение длительного времени (12 месяцев). Для подготовки к этому эксперименту нами было изучено влияние УФ-облучения и вакуумирования, как факторов космического пространства, на жизнеспособность метаногенов.

В качестве объектов исследования были использованы *Methanobacterium veterum* МК4^T VKM В-2440^T, *M. articum* М2^T VKM В-2372^T, *M. bryantii* М.о.Н^T VKM В-1629^T, *Methanosarcina mazei* S6^T VKM В-1636^T и *Methanosarcina* sp. JL01 VKM В-2370. Эксперименты по воздействию УФ излучения проводились в ИМБП РАН, а по влиянию вакуумирования - в НПО им. С.А. Лавочкина. В тестировании участвовали три автотрофных штамма (МК4^T, М2^T и М.о.Н^T), относящихся к роду *Methanobacterium*. Другие два штамма представляли род *Methanosarcina*, который обладает самой широкой субстратной специфичностью среди метанобразующих архей. Часть штаммов была выделена из многолетнемерзлых пород Арктики и адаптирована к перепаду температур – от отрицательных до положительных.

Облучение высокими дозами УФ (суммарная доза 6.06 кДж/см²) привело к полной гибели клеток штаммов *M. veterum* МК4^T, *M. articum* М2^T, *M. bryantii* М.о.Н^T и *M. mazei* S-6^T. Однако, в отличие от перечисленных микроорганизмов, штамм *M. mazei* JL01 через 10 дней начал продуцировать метан до контрольных значений. При облучении дозами УФ, моделирующих условия космоса, штаммы, относящиеся к роду *Methanosarcina*, хорошо перенесли условия эксперимента, и их численность не снизилась ниже 86% от первоначальной, а в случае *M. mazei* S-6 облучение мощностью 166.4 Дж/см² привело к увеличению численности метаногена. Клетки водородиспользующего штамма М2^T полностью погибли после облучения мощностью 202.1 Дж/см². Устойчивость анаэробных архей к УФ объясняется особенностями среды, компоненты которой могут поглощать УФ-

лучи. Другой возможный механизм устойчивости метаносарцин может заключаться в наличии SOD и SOR у этих анаэробных прокариот.

Влияние вакуумирования на штаммы S-6^T, M2^T и JL01 определяли помещением ватного тампона, пропитанного биомассой метаногена, после обработки вакуумом 10⁻⁵ атм в течение 15 мин в пробирку Хангейта с соответствующей для конкретного штамма средой. Культивирование обработанных и контрольных пробирок проводили при оптимальной для каждой культуры температуре в течение 14 суток. Затем измеряли содержание метана в газовой фазе и сравнивали с контролем. Полученные результаты показали, что штамм JL01 не пережил условия эксперимента, а именно, помещение на тампон в тефлоновую пробирку для переноса в камеру, где проводили вакуумирование. Напротив, после вакуумирования штамм M2^T образовывал метана столько же, а штамм S-6^T почти в два раза больше метана, чем контрольные культуры.

По результатам предварительных экспериментов биомасса *M. mazei* S6^T, была нанесена на хлопковое покрытие прибора «Тест» и установлена космонавтом - оператором на внешней поверхности МКС. После экспозиции в течение 12 месяцев биомасса метаносарцины была возвращена на Землю и до начала микробиологического исследования герметично закрытый прибор «Тест» с биомассой хранился в холодильнике. Определение выживаемости культуры после завершения эксперимента показало, что около 2% клеток метаносарцины осталось жизнеспособными в открытом космосе, несмотря на отсутствие питательных веществ и воды в течение длительного времени.

Проведенные эксперименты продемонстрировали до сих пор неизвестное свойство метаногенных архей переносить жесткие условия космического пространства, что делает вероятным привнесение жизни на Землю извне, подтверждая теорию панспермии.

Литература

1. Kral, T. A., Altheide, T. S., Lueders, A. E., & Schuerger, A. C. Low pressure and desiccation effects on methanogens: implications for life on Mars. *Planetary and Space Science*, 2011. V. 59(2-3). P. 264-270.
2. Reid, I. N., Sparks, W. B., Lubow, S., et al. Terrestrial models for extraterrestrial life: methanogens and halophiles at Martian temperatures. *Int. J. Astrobiol.*, 2006. V. 5 (2). P. 89-97.
3. Shcherbakova V., Oshurkova V., Yoshimura Y. The effects of perchlorates on the permafrost methanogens: implication for autotrophic life on Mars. *Microorganisms*, 2015. V. 3(3). P. 518-534.