



УДК 543.422

А.В.Григорьев¹, Ю.Н.Королев², Е.А.Воробьева³

¹ Институт космических исследований РАН, Москва

² Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, биологический факультет, Россия

³ Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, факультет почвоведения, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ СПЕКТРОСКОПИИ НПВО ДЛЯ ПОИСКА ВНЕЗЕМНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Предложено применение спектроскопии НПВО для поиска внеземных микроорганизмов. Соответствующий эксперимент – “MATROS” – предложен для посадочного аппарата на Европу (спутник Юпитера).

Биополимеры (белки, ДНК/РНК...), входящие в состав клеток, имеют характерные полосы поглощения в ИК области спектра, и их можно использовать для обнаружения клеток в образце, помещенном на НПВО-призму. Отличить биоклетки от минералов можно с помощью послойного анализа, измерения дихроического отношения и выращивания культуры клеток на НПВО-призме.

ПОИСК ВНЕЗЕМНОЙ ЖИЗНИ, НПВО-СПЕКТРОСКОПИЯ

1. ВВЕДЕНИЕ. Основанная на белках и ДНК/РНК жизнь в принципе может существовать на других (кроме Земли) объектах Солнечной системы. Например, на Марсе это возможно в подповерхностных слоях, где, по-видимому, есть водяной лед; на спутнике Юпитера Европе – в относительно теплом водяном океане, находящемся, по современным представлениям, под ледяной корой.

Если внеземная жизнь в солнечной системе существует, то, скорее всего, в виде микроорганизмов. На Земле сообщества микроорганизмов, в первую очередь хемоавтотрофных прокариотов (бактерий и архей), существуют в разнообразных экстремальных условиях. Земные микроорганизмы способны переходить в состояние анабиоза с крайне низким уровнем эндогенного метаболизма и, образуя покоящиеся формы (споры, цистоподобные и dormantные клетки), обеспечивать сохранение генофонда в течение длительного времени, измеряемого геологической шкалой. Получены данные о заселенности микроорганизмами древних (десятки и сотни миллионов лет) осадочных пород Земли, в том числе донных океанических осадков и древних мерзлых осадочных пород Арктики и Антарктиды, не таявших миллионы

лет, древнего льда Антарктиды, а также неметаморфизированных магматических пород [1 – 4]. Это дает основания начать разработку конкретных методов поиска внеземных микроорганизмов.

2. МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ. Рис. 1 поясняет принцип НПВО-спектроскопии, подробнее см. [5]. Толщину исследуемого слоя можно варьировать, изменяя угол θ или/и материал призмы.

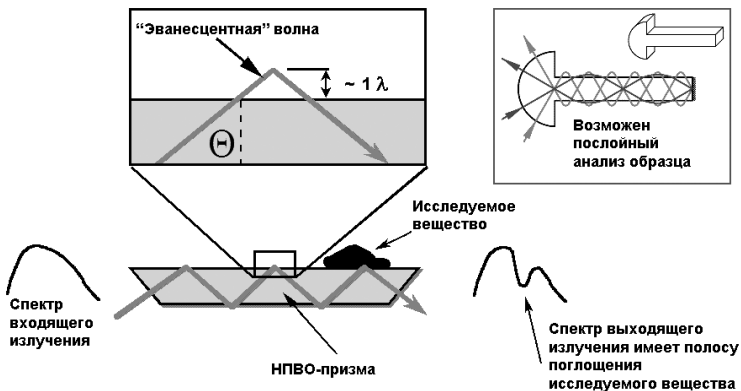


Рис. 1

3. КАК РАЗЛИЧИТЬ МИНЕРАЛЫ И КЛЕТКИ. Исследуемый образец, взятый манипулятором космического посадочного аппарата и помещенный на поверхность НПВО-призмы, будет содержать частицы минералов. Последние могут, вообще говоря, иметь полосы поглощения на тех же длинах волн, что и клетки. Для уверенности в обнаружении именно микроорганизмов следует применить три дополнительные методики, рассмотренные ниже.

3.1. Послойный анализ. На рис. 2 приведены НПВО-спектры спор *Clostridium fermentans*.

Указаны характерные полосы белков («Амид-1» и «Амид-2»), сахаров и ДНК/РНК. Верхний спектр снят при глубине проникновения эванесцентной волны 0,25 мкм, что соответствует толщине клеточной стенки, поэтому полоса ДНК/РНК в нем отсутствует. Нижний спектр снят при глубине проникновения, захватывающей всю клетку, и полоса ДНК/РНК хорошо видна [6].

Таким образом, если при разных глубинах проникновения видны различия в спектре, то в образце с большой вероятностью присутствуют клетки (а не только минералы).

3.2. Дихроичное отношение $R = A_{\parallel}/A_{\perp}$ (A_{\parallel} – поглощение в параллельно, A_{\perp} – в перпендикулярно поляризованном свете) для НПВО-спектров изотропного вещества, например минеральной пыли, равно 2 [5]. В мембранах

же клеток биополимеры расположены неизотропно, и R может сильно отличаться от 2 [6].

Спора *Clostridium pectinofermentans*

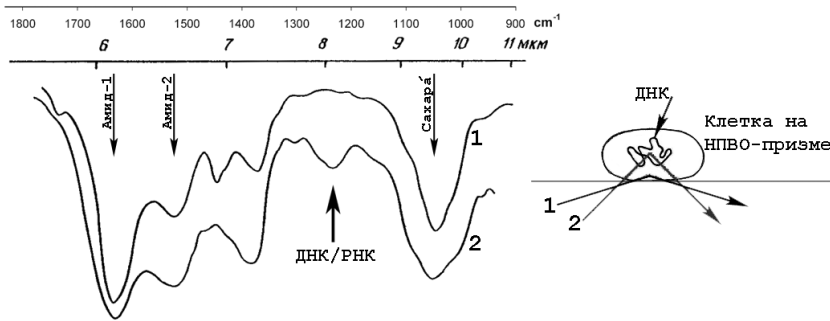


Рис. 2: 1 – глубина проникновения 0,25 мкм; 2 – вся клетка

Таким образом, если измеренное значение R отличается в пределах ошибок от 2, то это указывает на неизотропность образца, с большой вероятностью обусловленную присутствием клеток микроорганизмов – вегетативных или анабиотических.

3.3. Выращивание культуры клеток на НПВО-призме. Количество клеток в исследуемом образце может быть невелико, в этом случае для надежной регистрации биополос придется долго копить сигнал. Если же микроорганизмам обеспечить благоприятные условия, то некоторые из них могут активизироваться и перейти к размножению прямо на поверхности НПВО-призмы, поглощая все больше и больше энергии эванесцентной волны. Регистрируя спектр за спектром, мы увидим, что биополосы углубляются со временем. Результаты подобного эксперимента, поставленного нами при нормальных условиях, приведены на рис. 3.

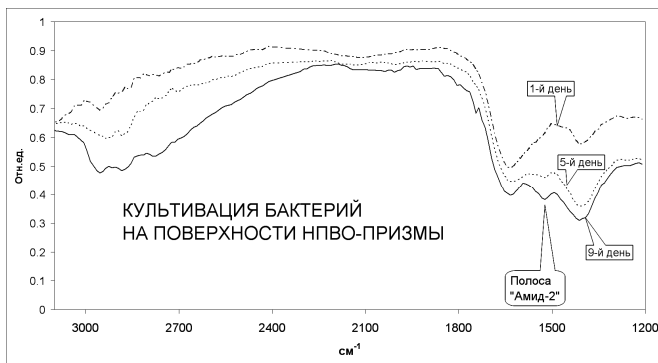


Рис. 3

В первые сутки полоса «Амид-2» была практически незаметна. На пятые сутки она уже хорошо видна, а на девятые – ярко выражена. Микроорганизмы, предположительно существующие на Европе, могут при нагреве до 280–300 К дать взрывной рост с гораздо меньшей постоянной времени, что и будет зафиксировано со временем по углублению полос поглощения.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ. До настоящего времени НПВО-спектроскопия в космических планетных исследованиях не применялась. Настоящая работа содержит аргументацию перспективности применения данной методики для астробиологического поиска.

5. ЛИТЕРАТУРА

1. **Parkes, R.J. & Maxwell, J.R.** 1993. Some like it hot (and oily). *Nature* 365, 694-695.
2. **Stevens, T.O. & McKinley, J.P.** 1995. Lithoautotrophic microbial ecosystems in deep basalt aquifer. *Science* 270, 450-454.
3. **The deep cold biosphere: facts and hypothesis** / Vorobyova E., Soina V., et.al. // *FEMS Microbiol. Rev.* 20, 277-290. 1997. *FEMS Microbiol. Rev.* 20, 277-290.
4. **Abyzov, S.S.** 1993. Microorganisms in Antarctic ice // *Antarctic Microbiology* / Ed. E.I.Friedmann, Wiley-Liss. P. 265-297.
5. **Харрик Н.** Спектроскопия внутреннего отражения. М.: Мир, 1970
6. **Распределение** и пространственная упорядоченность молекул биополимеров в покоящихся бактериальных спорах / Дуда В.И., Королев Ю.Н. и др. // *Микробиология.* 1978. Т. 47. №4. С. 750–755.

A.V.Grigoriev¹, Yu.N.Korolev², E.A.Vorobyova³

¹ Space Research Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow

² Lomonosov Moscow State University, Biology faculty, Russia

³ Lomonosov Moscow State University, Soil Science faculty, Russia

SEARCH FOR EXTRA-TERRESTRIAL MICROORGANISMS BY MEANS OF ATR-SPECTROSCOPY

We suggest to use ATR-spectroscopy technique for search for extra-terrestrial life. Such an experiment ("MATROS") was proposed by us for Europa lander.

Biopolymers (proteins, DNA/RNA, ...) inside microbes have characteristic IR bands detectable in a sample placed onto ATR-prism. Distinguishing from mineral bands is achieved with layer-by-layer analysis, dichroic ratio measurements and bacteria cultivation directly on ATR-prism.

EXTRA-TERRESTRIAL LIFE SEARCH, ATR-SPECTROSCOPY