

ХОЛОДНЫЕ СЕРДЦЕМ



Уте Бёттгер

Говоря о жизни на других планетах, мы обычно представляем себе Землю-2: синее небо, зеленая растительность, золотой песок. Однако ученые ищут следы жизни в совершенно разных условиях — в том числе и под толщей льда некоторых небесных тел. Для микроорганизмов такая среда обитания вполне подходит.

В сентябре 2017 года весь мир наблюдал за окончанием миссии орбитальной станции «Кассини». Аппарат был уничтожен в плотных слоях атмосферы Сатурна еще и для того, чтобы защитить ледяные спутники планеты от потенциального заражения земными микроорганизмами. Сейчас ученые предполагают, что на них, в океанах под толщей льда, может скрываться взвешенная жизнь. Но спутники Сатурна далеко не единственные объекты, где в таких условиях способны существовать организмы.

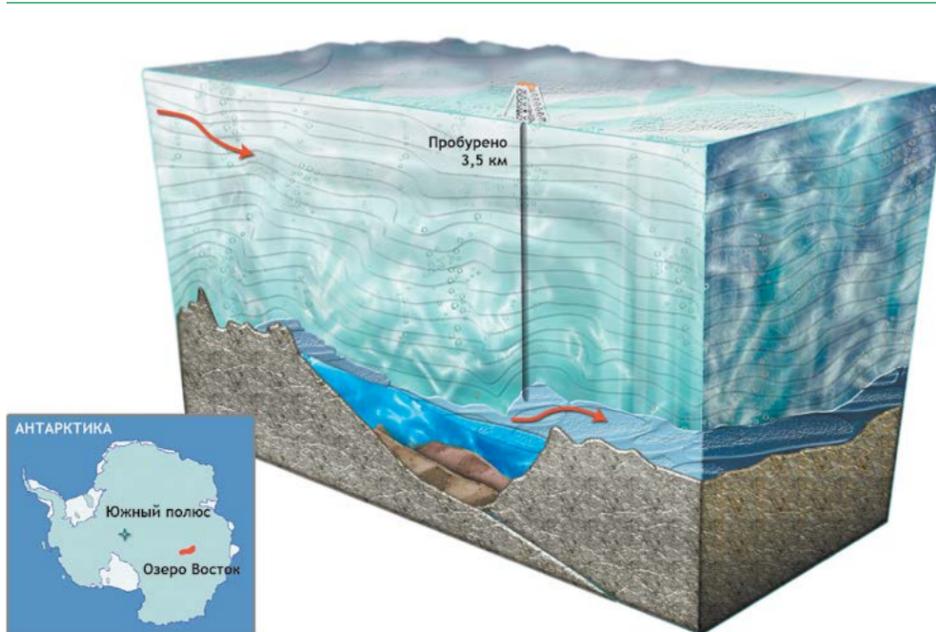
— В настоящее время активно ведутся дискуссии о том, в каком направлении следует сосредоточить усилия в поисках взвешенной жизни. Поскольку одним из важнейших факторов ее существования является наличие воды, наиболее перспективным объектом исследований сейчас считаются ледяные спутники планет-гигантов, где под толщей льда могут скрываться океаны, условия в которых очень похожи на условия в подледных антарктических озерах, — рассказывает исследовательница из Германского центра авиации и космонавтики, посетившая в прошлом году Новосибирск для участия в международной конференции GeoRAMAN-2016, доктор Уте Бёттгер. — В качестве наиболее известного примера можно привести один из спутников Юпитера — Европу. Как и у планет земной группы, у Европы есть металлическое ядро и мантия, сложенная силикатными горными породами. Поверхность спутника, однако, полностью покрыта ледяным панцирем, под которым располагается слой воды в жидком состоянии. Доказательством его существования является магнитное поле Европы — для того чтобы оно возникло, необходимо наличие в недрах жидкого слоя, проводящего электрические токи (в случае Земли, например, это внешнее ядро, состоящее из расплавленного железа).

Мы должны быть готовы к тому, что независимо возникшие живые системы могут использовать отличные от земной жизни биополимеры.

— Хотя наиболее высока вероят-

ность возникновения самовоспроизводящихся систем на основе именно углеродно-азотных биополимеров (как и в случае земной жизни), детали их строения могут серьезно отличаться, — объясняет сотрудник Института молекулярной и клеточной биологии СО РАН кандидат биологических наук Владимир Трифонов. — Например, пептидно-нуклеиновые кислоты или треозо-нуклеиновые кислоты, которые мы умеем получать искусственно, могли когда-то предшествовать обычным нуклеиновым кислотам (РНК и ДНК) на Земле, но в то же время закрепиться как основные носители наследственной информации в случае независимо эволюционировавшей жизни.

— Инициатором наших исследований стал заведующий лабораторией криоастробиологии Петербургского института ядерной физики Сергей Булат. Его лаборатория занимается исследованием образцов с антарктической станции «Восток», ведущей бурение четырехкилометровой толщи льда, под которой скрывается одноименное крупнейшее подледное озеро Антарктиды, — рассказывает Уте Бёттгер. — Сергей обратился к нам, поскольку искал метод для изучения включений в керне озерного льда без растапливания образца. Как биолога, Сергея интересовала возможность обнаружения в таких включениях следов жизни, запечатанной подо льдом в воде озера на протяжении как минимум 14 миллионов лет.



Озеро Восток и покрывающий его ледник

В настоящее время исследование ледяных спутников Юпитера (пока без посадки на поверхность) планируют все крупнейшие космические агентства: NASA (проект Europa Clipper), Роскосмос (проект «Лаплас — П») и Европейское космическое агентство (проект JUICE). Наиболее проработанным на сегодняшний день является проект JUICE (Jupiter Icy Moon Explorer), предполагающий запуск космического аппарата в 2022 г. и выход его на орбиту Юпитера в 2030 г. В течение 2,5 лет аппарат будет детально изучать спутники этой планеты, в том числе на предмет наличия подледных океанов.

Пока миссии не начались, ученые готовятся к ним на Земле. Наиболее удачный объект для этого — озеро Восток в Антарктиде. Это крупнейший подледный водоем, размер которого 250 x 50 км, а глубина — более 1,2 км. Оно находится в условиях полной темноты, высокого давления (400 атмосфер) и температуры около -3 °С, что соответствует предполагаемым характеристикам подледных океанов на ледяных спутниках планет-гигантов. Бурение четырехкилометровой толщи льда с целью достичь воды было начато еще в 1990 году. Сейчас у ученых имеются образцы выбуренного озерного льда (то есть воды озера, намерзшей на ледник снизу), а также льда, получившегося из озерной воды, поднявшейся в пробуренную скважину. Их изучение позволяет отрабатывать методики, которые в будущем пригодятся для поиска жизни на ледяных спутниках планет-гигантов.

Поскольку рамановская спектроскопия, которой мы занимаемся, известна своей эффективностью при изучении включений в минералах, мы с энтузиазмом согласились применить ее и к образцам льда озера Восток. Большая часть ледяного керна, извлеченного при бурении, остается на хранении в Антарктике, но его фрагменты, предназначенные для изучения, были перевезены во Францию в лабораторию гляциологии Университет Жозефа Фурье в Гренобле. В этой лаборатории, где есть специальные холодные (-15 °С) помещения, осуществлялась подготовка образцов озерного льда с минеральными включениями — выпиливались маленькие сегменты, которые затем помещались в специальные криоконтейнеры и отправлялись в Берлин для исследования. Первый отправленный образец не содержал включений — нашей задачей было лишь отработать на нем методику, гарантирующую сохранность льда в ходе анализа. Только после этого нам

предоставили образец с включениями, спектры которых предстояло изучить. Наиболее неожиданным результатом исследований было обнаружение в минеральном включении аморфного углерода, характерного для пыли комет и космической пыли в целом.

Отдельной задачей является изучение следов ДНК в пробах с озера Восток, которое поможет не только отработать методику для астробиологических исследований, но и дополнит представления людей о жизни на Земле.

— Основная сложность биологического исследования подобных образцов заключается в необходимости исключить все возможные источники загрязнения (контаминации) посторонними молекулами ДНК, поскольку их фрагменты присутствуют в большом количестве в водоемах, на частицах пыли в воздухе, на одежде и коже исследователей, в химических реактивах, — комментирует Владимир Трифонов. — Для выявления характерной для объекта ДНК (особенно в низкой концентрации) исследователь должен проверить на содержание ее следов всё: предметы, реактивы и людей, соприкасавшиеся с образцом. Еще сложнее с бактериальной ДНК, где колоссальное разнообразие организмов, многие из которых до сих пор не изучены, сочетается с их высокой распространенностью. Для решения, в частности, этой проблемы были разработаны так называемые методы секвенирования ДНК нового поколения, сочетающие максимально детальное изучение ДНК как в образце, так и в контрольных пробах с тщательной статистической обработкой полученных данных. Применение этих методов к образцам из озера Восток видится особенно перспективным. Другой важной проблемой является обнаружение именно жизнеспособных микроорганизмов, поскольку в условиях низкой температуры фрагменты ДНК могут сохраняться не меньше миллиона лет после смерти организма и их присутствие не является показателем современного существования жизни. Это особенно сложно, поскольку многие организмы трудно культивировать в лабораторных условиях. В таком случае возможно применение методов секвенирования генома единственной клетки, которые позволяют хотя бы косвенно реконструировать метаболизм микроорганизмов, населяющих среду, отрезанную от обычных путей получения энергии.

Подготовил Сергей Раценко,
ИГМ СО РАН

Фото Юлии Поздняковой и
предоставлены Сергеем Раценко



Озерный лед с видимыми включениями, поднятый с глубины 3 607 м