



Г.А. ТИХОВ

АСТРОБИОЛОГИЯ

МОСКВА — 1979

Г. А. ТИХОВ,
член-корреспондент Академии наук СССР

АСТРОБИОЛОГИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО ЦК ВЛКСМ
„МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ“

1 9 5 3

СОДЕРЖАНИЕ

Основные свойства главных планет солнечной системы	5
Рождение астроботаники	14
Самоизлучение растений	29
Оптическая приспособляемость растений к высоким температурам	31
Двойная роль самоизлучения в жизни растений	34
Растения в суровых условиях существования .	38
Гипотеза о палеоботанике Марса и Венеры . .	44
Приспособленность низших организмов к условиям среды	52
Возможна ли жизнь микроорганизмов на планетах	57
Перспективы развития астробиологии	60
Вездесущая жизнь (пояснительный текст к «Таблице жизни»)	62
Список литературы	67

Редактор *В. Пекелис*

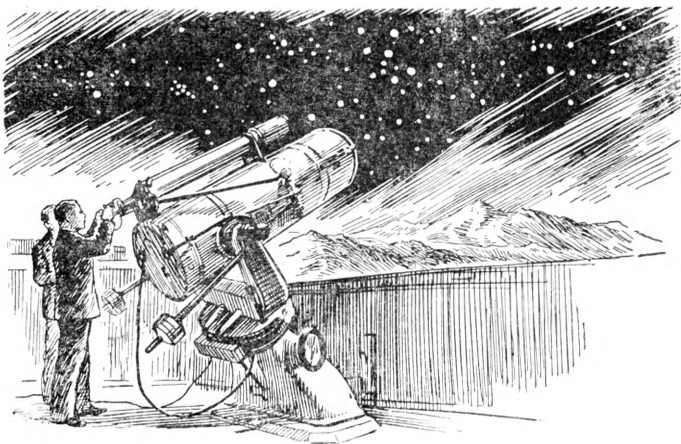
Худож. редактор *Н. Печникова* Технич. редактор *М. Терюшин*

А02588 Подп. к печ. 4/VII 1953 г. Бумага $70 \times 108 \frac{1}{32} = 1,06$ бум. л. = 2,914 печ. л. + 9 вклеек. Уч.-изд. л. 2,16. Тираж 50 000 экз.

Цена 2 р. 50 к. Заказ 964.

Типография «Красное знамя» изд-ва «Молодая гвардия».

Москва, Сущевская, 21.



«Возможна ли жизнь на других планетах?» — этот вопрос живо интересует самые широкие круги людей.

Материалисты считают, что жизнь является высшей стадией развития материи и должна возникать везде, где есть для этого условия. Следовательно, жизнь существует не только на Земле, но и на бесчисленном множестве других тел вселенной.

Однако среди буржуазных ученых немало таких, которые считают Землю единственной носительницей жизни. Так, представитель реакционного идеалистического лагеря в науке английский астроном Джинс

в своей книге «Движение миров» пишет: «Жизнь, существующая на нашей земле, является единственной жизнью в солнечной системе... Мы должны смотреть на жизнь, как на болезнь, которой начинает страдать материя на старости своих лет. Вселенная активно враждебна жизни...»

Советские ученые, занимаясь исследованием возможности жизни во вселенной, опровергли такие идеалистические, реакционные взгляды. Они исходят из того, что свойства жизни во вселенной едины по существу, но различны по форме и проявлению и что приспособляемость жизни к условиям среды очень велика.

Основными элементами, из которых состоит живое вещество, являются повсюду углерод, азот, кислород и водород. Однако форма, в которую одеваются химические соединения этих элементов, может и должна быть чрезвычайно разнообразной в зависимости от физических и химических свойств окружающей среды. Одновременно с этим чрезвычайно разнообразны проявления жизненных процессов как отдельного организма, так и целого вида и рода и т. п.

В последние десятилетия изучение вопроса о жизни во вселенной намного продвинуто вперед.

Изучение жизни в глубинах океана, казавшихся ранее недоступными, а также советские исследования в Арктике чрезвычайно расширили наши представления о предельных свойствах среды, при которых воз-

можно жизнь растений и животных. Исследования С. Н. Виноградского, В. И. Вернадского, Л. С. Берга и других русских и советских ученых показали удивительную приспособляемость живых организмов к самым исключительным условиям окружающей среды.

Руководствуясь положениями диалектического материализма, при сравнении этих данных с современными сведениями о физических и химических условиях на планетах можно делать определенные научные заключения о существовании жизни на других планетах.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ГЛАВНЫХ ПЛАНЕТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

В центре солнечной системы находится Солнце. Вокруг него движутся Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон.

Первые пять планет, не считая, конечно, Земли, были известны уже в далекой древности. Древние римляне называли их по именам своих богов.

Так, первая планета обращается вокруг Солнца всего в 88 суток, и поэтому ее называли в честь бога Меркурия. Меркурий, как гласит мифология, был посланцем у других богов и должен был очень быстро выполнять даваемые ему поручения.

Вторая планета получила имя богини красоты

Венеры. И действительно, Венера ярче и красивее всех других планет и звезд. Она бывает видна на востоке перед восходом солнца и на западе после заката и называется поэтому еще утренней или вечерней звездой. Венера воспета во многих поэтических литературных и музыкальных произведениях.

За оранжевый цвет, несколько напоминающий цвет пожаров и крови, планета Марс получила имя римского бога войны.

Следующая планета названа римлянами в честь верховного бога Юпитером. Юпитер уступает по яркости лишь Венере и совершает свой путь вокруг Солнца за 12 лет. Интересно, что, не имея никакого понятия о действительной величине планет, древние астрономы дали имя верховного бога именно самой большой из них, как это мы знаем в настоящее время.

Последняя из известных в древности планет — Сатурн — за свой мертвенно-зеленоватый цвет названа по имени бога смерти.

Нам известны еще три планеты, открытые в XVIII, XIX и XX столетиях и тоже названные именами древнеримских богов: Урана — бога неба, Нептуна — бога моря и Плутона — бога подземного царства.

В таблицах приведены основные данные о планетах солнечной системы.

Они показывают, что если не принимать во внимание Плутона, о котором мы знаем еще очень мало, то планеты по диаметру, массе и плотности резко

Планета	Время обращения вокруг Солнца в земных юлиан- ских годах (г.) и средних сутках (с.)	Среднее расстояние от Солнца	Средний диаметр		Плотность по отношению к воде
			относи- тельно Земли	в кило- метрах	
Меркурий	88 с.	0,39	0,39	5 000	4,1
Венера	225 с.	0,72	0,973	12 400	4,9
Земля	1 г. 0,0636 с.	1,00	1,000	12 740	5,52
Марс	1 г. 322 с.	1,52	0,532	6 780	3,85
Юпитер	11 л. 315 с.	5,20	10,97	139 760	1,33
Сатурн	29 л. 167 с.	9,55	9,03	115 100	0,71
Уран	84 г. 7 с.	19,2	4,00	51 000	1,26
Нептун	164 г. 80 с.	30,1	3,90	50 000	1,61
Плутон	249 л.	39,7	0,46	5 900	?

Среднее расстояние Земли от Солнца, ее экваториальный диаметр и масса приняты за единицу.

Планета	Масса	Средняя си- ла тяжести на поверх- ности	Время вращения вокруг оси в сутках (с.), часах (ч.) и минутах (м.) среднего солнечного времени
Меркурий . .	0,045?	0,29 :	88 с.
Венера	0,82	0,86	?
Земля	1,000	1,00	23 ч. 56 м.
Марс	0,108	0,37	24 ч. 37 м.
Юпитер	318,35	2,64	от 9 ч. 50 м. до 9 ч. 56 м.
Сатурн	95,22	1,06	10 ч. 14 м.
Уран	14,58	0,91	10,7 ч.
Нептун	17,26	1,12	15,8 ч.
Плутон	0,9	?	?

Здесь знак „?“ показывает, что соответствующее значение либо мало надежно, либо неизвестно. Знак „:“ показывает, что соответствующее значение нельзя считать вполне точным.

разделяются на две группы. Меркурий, Венера и Марс мало отличаются от Земли, их называют земноподобными. Последние четыре планеты — планеты-гиганты, они очень велики, имеют большие массы и малую плотность.

Время вращения вокруг оси у планет-гигантов значительно короче, чем у земноподобных планет. К тому же Юпитер и Сатурн вращаются не как твердое тело, а по поясам: чем дальше от экватора, тем вращение медленнее. Это показывает, что мы наблюдаем не твердую поверхность Юпитера и Сатурна, а их атмосферы.

Массы планет-гигантов во много раз больше массы Земли. Например, масса Урана — почти в 15 раз, Нептуна — в 17, Сатурна — в 95, а Юпитера — в 318. Юпитер обладает мощной силой притяжения и может удерживать вокруг себя даже очень легкие газы.

Плотность же планет-гигантов лишь немного больше, чем плотность воды, а у Сатурна даже меньше.

Поскольку нам известно очень мало твердых или жидких веществ, обладающих столь малой плотностью, мы можем предполагать, что внешние слои планет-гигантов газообразны или же состоят из очень легких веществ. А значит, атмосферы их достигают громадной толщины в десятки тысяч километров.

Изучать физические и химические свойства атмо-

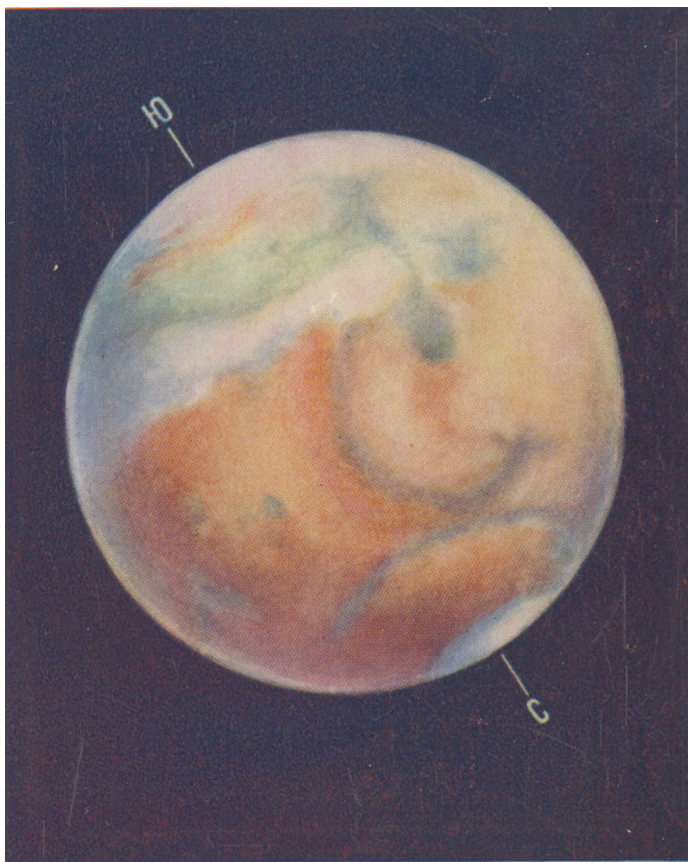


Рис. 1 Марс Пулково. 15-дюймовый рефрактор
13 мая 1920 года. По рисункам № 91, 92 Г. А. Тихова
через светофильтры.

В северном полушарии середина лета.
В южном полушарии середина зимы.

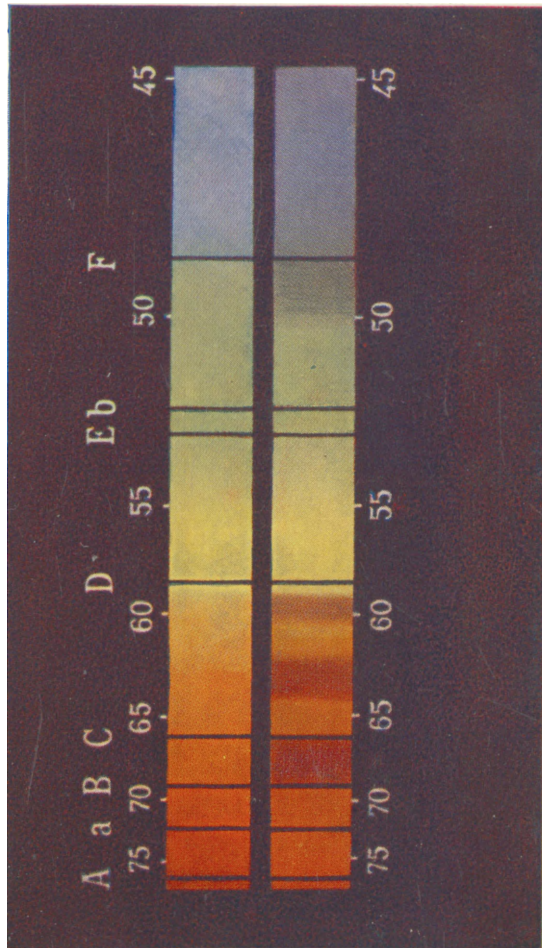


Рис. 2. Спектр Солнца и спектр зеленого растения.

сфер мы можем, пользуясь методом спектрального анализа. Заключается он в следующем.

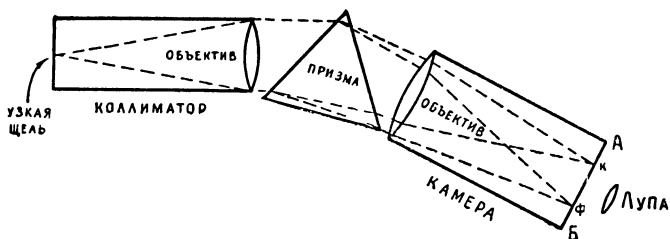
Если мы пропустим свет Солнца через стеклянную призму, то он разложится на составные части в виде цветной полосы, называемой спектром. Спектр по своему строению похож на радугу с более отчетливо разделенными цветами.

Солнечные лучи, идущие от наблюдаемой планеты, прежде чем попасть в глаз наблюдателя, дважды проходят через ее атмосферу: падая на планету и затем отражаясь от поверхности. При этом атмосфера частично поглощает некоторые из солнечных лучей, потому что каждый из газов, которые ее составляют, поглощает только вполне определенные лучи, что выражается темными линиями в соответствующих местах спектра. По этим линиям можно судить о природе газа.

Следовательно, по спектру можно узнать, через какие газы прошел свет Солнца и планет. А это дает возможность выяснить, из каких газов состоит атмосфера Солнца и планет.

На следующей странице приведена схема спектроскопа — прибора, который дает возможность определять, какие лучи поглотила атмосфера.

В трубку, называемую коллиматором, вставлен объектив, в главном фокусе которого находится узкая щель (на схеме щель перпендикулярна к плоскости чертежа). Перед щелью помещается источник



испытываемого света или изображение небесного светила, даваемое астрономической трубой. Из объектива выходит параллельный пучок света и падает на призму. Она разлагает свет на составные цвета, которые по выходе из призмы еще больше расходятся и попадают в объектив камеры. Этот объектив собирает каждый одноцветный пучок света в своем фокусе на плоскости «АВ». Например, красные лучи собираются в точке «К», фиолетовые — в точке «Ф». Полученный спектр можно рассматривать через лупу. Вставив в камеру кассету с фотопластинкой, получим спектрограф, применяемый для фотографирования спектра.

Фотография позволяет фиксировать свет более слабый, чем тот, который улавливается глазом, и невидимые глазом инфракрасные и ультрафиолетовые лучи.

Мы наблюдаем планеты сквозь земную атмосферу, а не за пределами ее. И поэтому свет Солнца, проходя через атмосферу Земли, теряет в ней те участки

спектра, которые поглощены газами земной атмосферы.

Например, если бы мы могли наблюдать планеты, находясь за пределами земной атмосферы, то в спектре планеты, имеющей в своей атмосфере кислород, мы увидели бы линии поглощения этого газа. При наблюдении же сквозь земную атмосферу, в которой очень много своего кислорода, дающего темные линии в спектре, планетные линии кислорода тонут в линиях земного кислорода и их очень трудно выделить. Другой пример. Существование воды на Марсе не подлежит сомнению, а между тем паров воды в атмосфере Марса спектральный анализ практически не обнаруживает, потому что марсианские линии паров воды тонут в линиях паров воды, находящихся в земной атмосфере.

Как видно из первой таблицы, Меркурий находится в два с половиной раза ближе к Солнцу, чем Земля. Поэтому температура на нем значительно выше, чем на нашей планете. К тому же Меркурий обращен к Солнцу всегда одной стороной. На этой солнечной стороне Меркурия температура достигает 340 градусов выше нуля, то-есть почти точки плавления свинца, а на противоположной стороне царит вечный мрак и холод.

При высокой температуре солнечной стороны и малой силе тяжести на Меркурии не могла удержаться в сколько-нибудь значительном количестве атмосфера.

И действительно, наблюдения обнаруживают едва заметные следы атмосферы на этой планете.

Венера окружена плотной атмосферой, открытой еще М. В. Ломоносовым в 1761 году, и твердая поверхность планеты пока что недоступна наблюдениям. Поэтому мы знаем только немного об атмосфере Венеры. В основном она состоит из огромного количества углекислого газа. Его здесь раз в 500 больше, чем в атмосфере Земли.

Весьма удивительно, что при большом сходстве Венеры с Землей по величине, массе и плотности в ее атмосфере не обнаружено паров воды и кислорода. Отсутствие паров воды объясняется довольно просто. В атмосфере Земли на уровне океана содержится 1,20 процента паров воды, а на высоте 11 километров всего 0,01 процента. Таким образом, если допустить, что высота облаков над поверхностью Венеры равна 11 километрам, то содержание паров воды над ними должно быть слишком ничтожно, чтобы их можно было обнаружить при помощи спектрального анализа.

Трудно понять отсутствие в атмосфере Венеры кислорода. К этому вопросу мы еще вернемся в дальнейшем.

Рассмотрим атмосферу Марса. В ней обнаружен углекислый газ, и притом в количестве вдвое большем, чем в атмосфере Земли. Что касается паров воды и кислорода, то они находятся за пределами, доступ-

ными наблюдению. А между тем мы знаем, что на Марсе вода есть, следовательно, должны быть и пары ее в атмосфере. Но исследования не обнаруживают их. Повидимому, спектральный анализ в данном случае не может преодолеть маскирующего влияния паров воды и кислорода земной атмосферы.

Можно думать, что в атмосфере Марса находится в значительном количестве азот, но обнаружить его непосредственными наблюдениями до сих пор не удалось, так как в доступных наблюдению участках спектра у него нет резких линий поглощения.

Точные данные о давлении атмосферы на Марсе впервые были получены советскими астрономами академиком В. Г. Фесенковым и профессором Н. Н. Сытинской. Плотность атмосферы на Марсе такая, как на высоте 10—15 километров над поверхностью Земли.

Перейдем теперь к планетам-гигантам. В их атмосферах найден в большом количестве газ метан — химическое соединение углерода с водородом.

Вот соответствующие числа для толщи метана в атмосферах при нормальном давлении и температуре: Юпитер — 150 метров, Сатурн — 350 метров, Уран — 1 500 метров, Нептун — 2 500 метров. Как видим, количество метана от Юпитера к Нептуну сильно увеличивается, но это увеличение в значительной степени кажущееся. Объясняется оно присутствием аммиака.

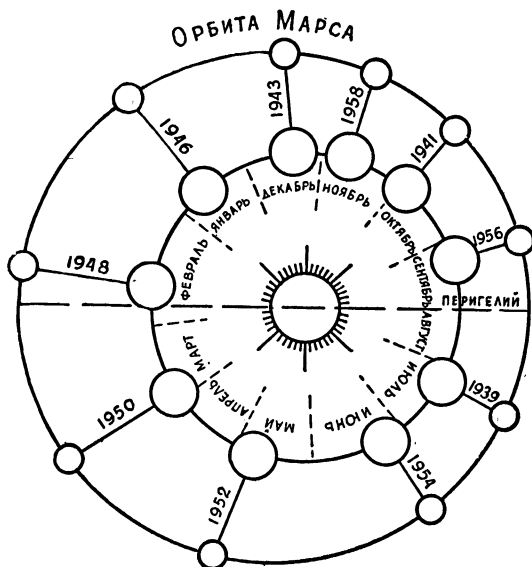
В атмосферах Юпитера и Сатурна аммиак находится в газообразном, капельно-жидком и в твердом состоянии. Вероятно, облака, плавающие в их атмосферах, состоят из капелек и кристаллов аммиака, а также других неизвестных нам пока что веществ. Облака закрывают от нас ниже лежащие слои атмосферы и, таким образом, уменьшают влияние метана на спектр планет. Иное дело на Уране и Нептуне. Температура в верхних слоях атмосфер этих планет уже настолько низка, что весь аммиак превратился в кристаллы, которые осели в глубокие, более плотные слои. Метановая атмосфера просматривается здесь во всю ее толщу, свет Солнца проникает далеко вглубь, проходит обратно такой же путь и попадает на Землю в приборы астронома.

Таким образом, увеличение содержания метана в атмосферах планет-гигантов от Юпитера к Нептуну может быть явлением не действительным, а только производным, кажущимся. Эта мысль нам понадобится при рассмотрении вопроса о возможности жизни на планетах-гигантах.

РОЖДЕНИЕ АСТРОБОТАНИКИ

Планета Марс (рис. 1) в среднем один раз в 2 года и 50 дней находится почти против Солнца по отношению к Земле. Такое положение Марса называется противостоянием. Но так как путь (орбита)

и Земли и Марса вокруг Солнца несколько вытянуты (в виде эллипсов), то расстояние между Землей и Марсом во время его противостояний меняется в довольно широких пределах. Один раз в 15 или 17 лет, во время великого противостояния, расстояние между Марсом и Землей уменьшается до 56 миллионов километров. Наоборот, при наименее благоприятном противостоянии, наступающем приблизительно через 8 с половиной лет, расстояние между ними равно 99 миллионам километров. На схеме представлена ор-



бита Земли и орбита Марса с указанием его противостояний в период с 1939 по 1956 год.

Великое противостояние бывает тогда, когда Марс пересекает линию, на которой написано «перигелий», что значит ближайшее расстояние от Солнца. В последние десятилетия ближайшее к перигелию противостояние Марса было в 1939 году, а следующее должно произойти в 1956 году.

Естественно, что во время великих противостояний Марса астрономы могут с наибольшим успехом изучать его природу.

В 1909 году, когда было одно из великих противостояний Марса, я работал в знаменитой Пулковской обсерватории, изучая главным образом оптические свойства межзвездного пространства. Однако такое сравнительно редкое астрономическое явление, как великое противостояние Марса, вызвало у меня непреодолимое желание сфотографировать планету при помощи громадного Пулковского рефрактора, объектив которого имел 75 сантиметров в диаметре и фокальную длину в 14 метров. Несмотря на это, он давал диаметр Марса на фотопластинке всего в 1,5 миллиметра.

В то время астрофизик Пулковской обсерватории А. А. Белопольский производил этим рефрактором свои знаменитые исследования движения звезд в направлении луча зрения. В ответ на мою просьбу он уступил мне рефрактор для наблюдения Марса.

В наблюдениях мне помогал студент Петербургского университета Н. Н. Калитин, ставший впоследствии выдающимся исследователем солнечного излучения.

Своей целью я поставил изучение физических свойств Марса и, в частности, возможности существования на нем растительности.

Для меня было ясно — начинать надо с исследования окраски разных мест планеты. Этого можно было достигнуть при помощи фотографирования ее в лучах разного цвета.

Вместе с Н. Н. Калитиным мы приступили к изготовлению светофильтров, окрашивая желатин на стекле анилиновыми красками. В основном это были светофильтры темнокрасный, светлокрасный, желтый и зеленый. В то время еще не было в продаже фотопластинок, чувствительных к лучам света, проходящим через такие светофильтры, но были уже порошки, спирто-водный раствор которых делал обычные фотопластинки чувствительными к этим лучам. Мы сами сделали деревянную фотокамеру, надевающуюся на рефрактор.

Наблюдения производились в августе. Мы вылавливали Марс через малейший просвет в облаках, через всякое просветление в тумане, который довольно часто закрывал небо.

Интересно, что наиболее спокойные изображения Марса бывали в туманные ночи. Это и понятно: ту-

ман образуется преимущественно при спокойной, безветренной погоде.

Каждая выдержка Марса продолжалась всего несколько секунд. Нам удалось получить около тысячи изображений. Некоторые из них были весьма хорошими и позволили сделать ряд совершенно новых выводов.

Так, оказалось, что полярная шапка под конец таяния приобрела зеленоватый цвет, вполне сравнимый с цветом земного льда, а знаменитые каналы Марса имеют такой же цвет, как «морья» Марса, которые считаются участками растительных покровов. Далее было найдено сходство оптических свойств атмосферы Марса с оптическими свойствами земной атмосферы.

Исследуя вопрос о возможности растительного мира на Марсе, мы, можно сказать, спустились с Марса на Землю для изучения оптических свойств земной растительности, чтобы потом снова перенестись на Марс и сказать, к какому виду зеленых растений подходит более всего растительный покров того или иного участка «морей» Марса.

Нас, в частности, интересовал участок солнечного спектра в красных лучах, который сильно поглощается зеленым веществом растения — хлорофиллом. Хлорофилл имеет огромное значение в жизни растений. С его помощью они образуют из углекислого газа, поглощаемого из воздуха, и воды первые органические

вещества (сахар, крахмал, клетчатку), а освободившийся при этом кислород выделяют в атмосферу.

Благодаря этому воздух на Земле содержит кислород, нужный для дыхания животных и самих растений.

Я пытался открыть на Марсе поглощение хлорофиллом падающих на растение красных лучей, но положительных результатов не получил.

Все эти исследования можно считать началом новой науки.

В 1918 и в 1920 годах были очередные противостояния Марса, не столь благоприятные, как в 1909 году, но все же довольно удобные для наблюдения в Пулковке. Я решил вновь исследовать Марс, воспользовавшись 15-дюймовым рефрактором, объектив которого отшлифован также к лучам красным, желтым и зеленым. При наблюдениях применялись светофильтры — красный, желтый, зеленый, голубой — и спектроскоп, с помощью которого мы изучали поглощение разных лучей спектра теми зонами Марса, где предполагается существование растительности.

Для понимания этого рассмотрим спектр Солнца и спектр зеленого растения (рис. 2), который получается при отражении солнечных лучей от зеленой листвы растений.

Числа здесь указывают в сотысячных долях миллиметра длину волны тех участков, которые отмечены белыми черточками. Латинские буквы над чер-

ными линиями соответствуют темным линиям в солнечном спектре. Заметим, что линии «А» и «В» получаются от поглощения света Солнца кислородом земной атмосферы, а линия «а» — от поглощения водяными парами земной атмосферы. Из сравнения спектра Солнца со спектром зеленого растения ясно, что у растения видны три темные полосы — первая между длинами волны 70 и 65, вторая — между 65 и 60 и третья — за 60. Кроме того, заметно значительное ослабление голубых лучей. Из полос в красных лучах темнее всего та, которая лежит между 70 и 65. Она носит название «главная полоса поглощения хлорофилла». Вот эту полосу я и пытался обнаружить на Марсе в 1918 и в 1920 годах, но так и не нашел. Многочисленные поиски ее другими наблюдателями также дали отрицательный результат. Загадка эта оставалась не решенной в течение ряда лет.

Теперь обратимся к двум фотоснимкам (фото 1 и 2). На них изображены тянь-шанские ели, снятые на первом снимке в синих лучах, на втором — в инфракрасных. Второй напоминает как бы зимний снимок после сильного снегопада. Все это позволило заключить, что земные растения очень сильно отражают или рассеивают инфракрасные лучи.

Между тем на Марсе подобного явления нет. Экспедиция Ленинградского университета, возглавлявшаяся профессором В. В. Шароновым, установила

на Ташкентской астрономической обсерватории в 1939 году, что в инфракрасных лучах «моря» Марса выходят, наоборот, особенно темными.

Все эти факты, а также то, что на Марсе очень суровый климат, мало воды, кислорода и в атмосфере нет озона, поглощающего губительные для жизни коротковолновые лучи, дали повод для высказываний против существования растительности на Марсе.

Эти мысли находили себе опору и в том, что марсианские растительные покровы, в отличие от земных, имеют не зеленый, а голубой, синий и даже фиолетовый цвет.

Посмотрим, как наука опровергла эти возражения.

В 1945 году в Алма-Ате, во время лекции на тему о возможности жизни на других планетах, я, как обычно, указал, что одним из главных возражений против существования растительности на Марсе является отсутствие отражения инфракрасных лучей его растительными покровами. После лекции агрометеоролог А. П. Кутырева спросила меня: «Не является ли такая особенность следствием сурового климата Марса, так как инфракрасные лучи несут почти половину солнечного тепла и марсианские растения должны поглощать эти лучи для согревания?» Ответив, что это вполне вероятно, я на следующий же день решил заняться сравнением отражения инфракрасных лучей лиственными и хвойными растениями. Если

у последних отражение окажется значительно меньше, чем у лиственных, то мысль А. П. Кутыревой верна.

Для проверки я воспользовался материалами, тогда еще рукописными, моего ученика, ныне лауреата Сталинской премии Е. Л. Кринова, который изучал в течение нескольких лет отражательную способность всевозможных земных растений в разных лучах спектра. Были взяты две пары растений: первая — зеленый овес и полярный можжевельник, вторая — береза и ель. Оказалось, что отражение инфракрасных лучей у хвойных растений — ели и можжевельника — в 3 раза меньше, чем у сфотографированных одновременно с ними березы и зеленого овса.

Таким образом было выяснено, что летнезеленым растениям инфракрасные лучи не нужны, поэтому они отражаются. Полярному можжевельнику, живущему в суровом климате, и ели, не теряющей своей зелени и зимою, инфракрасные лучи необходимы для согревания, а потому они отражаются слабо.

Работы Кринова указали, что зимой хвойные деревья отражают инфракрасные лучи почти вдвое слабее, чем летом. Наши наблюдения подтвердили это явление.

Приведенные исследования явились новым вкладом в молодую науку.

Наши исследования шли сначала в институте астрономии и физики Казахского филиала Академии наук СССР. Однако работа развивалась так бурно,

что вскоре понадобилось учреждение при Президиуме Академии наук Казахской республики специального сектора астроботаники, который открылся 11 ноября 1947 года.

Еще в 1946 году мы получили большое число спектрограмм растений и их цветов. Обработка спектрограмм привела к неожиданным результатам. Оказалось, что некоторые цветы дают в инфракрасных лучах яркость больше единицы, то-есть отражают света значительно больше, чем наиболее ярко отражающие свет белые порошки — магнезия и барит.

Если мы примем яркость магнезии и барита в инфракрасных лучах за единицу, то получим следующие значения ее для некоторых цветов: герань (журавельник) на высоте 3 000 метров — 1,6, пион на высоте 1 350 метров — также 1,6, желтая фиалка — 1,25.

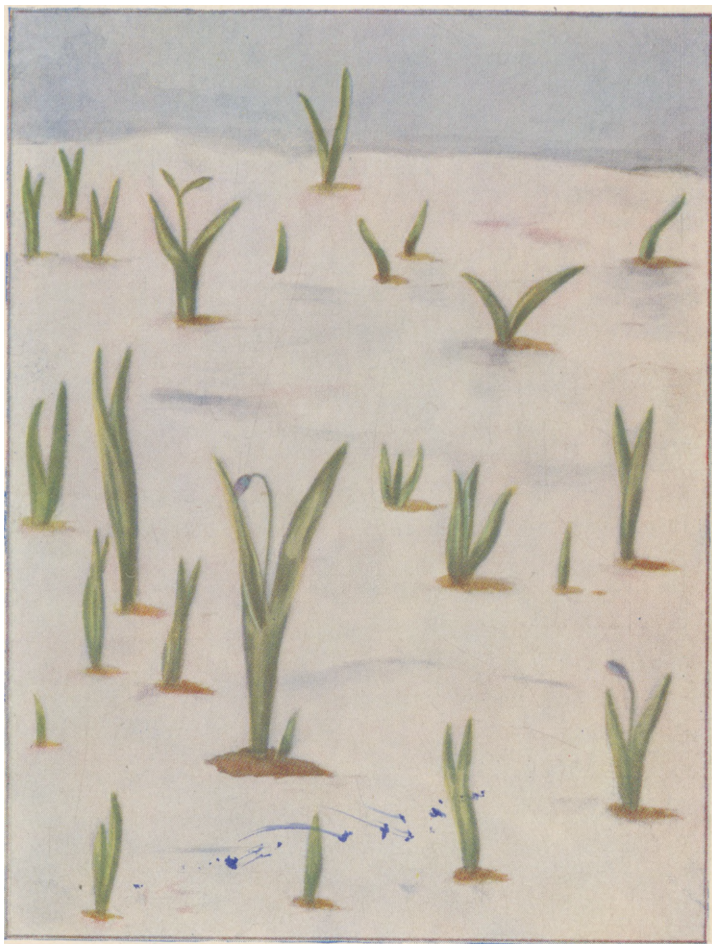
Откуда же могла появиться добавочная яркость? Если даже считать, что цветы отражают солнечный свет так же сильно, как магнезия или барит, то все же остается избыток яркости от 0,25 до 0,6. Не оставалось ничего другого, как допустить, что под влиянием солнечного облучения цветы излучают инфракрасные лучи.

К этому явлению мы еще вернемся в дальнейшем, а теперь перейдем к оптическим свойствам марсианской растительности, отличающим ее от растительности земной.

Выше мы уже говорили, что многочисленные поиски главной полосы поглощения хлорофилла на Марсе дали отрицательный результат. В чем же дело? Действительно ли на Марсе нет хлорофильной растительности, или полоса поглощения хлорофилла отсутствует по другой причине?

Обдумывая этот вопрос, я еще в 1946 году писал в «Вестнике Академии наук Казахской ССР», что причиной может быть опять-таки суровый климат Марса. В самом деле, если в мягком климате низких и умеренных широт Земли растениям достаточно поглощать солнечные лучи в нескольких сравнительно узких участках спектра, то в суровом марсианском климате этого недостаточно. Растения должны поглощать всю длинноволновую часть солнечного спектра, несущую еще около одной трети солнечного тепла. Длинноволновые полосы поглощения хлорофилла от этого расширятся и сольются. Отчетливость их теряется. Однако этот теоретический вывод надо было проверить наблюдениями.

Известно, что марсианские растительные покровы имеют в период расцвета не зеленый, а голубой, синий и даже фиолетовый цвет. Обратив внимание на голубую канадскую ель, растущую во дворе одного из алма-атинских домов, мы сняли ее спектр и увидели — полоса хлорофилла отсутствует. А между тем обыкновенная сосна в алма-атинском университетском ботаническом саду дала очень отчетливую



Р и с 3 Листья подснежника ранней весной пробились
из-под снега.



Рис. 4. Солданелла пробивает снег.

и довольно узкую полосу. Оказалось, что канадская ель и в Алма-Ате сохранила свои оптические свойства, вынесенные из суровой Канады.

Снимая спектр тянь-шанской ели в ущелье Медео, близ Алма-Аты, мы нашли другое не менее интересное явление. При температуре воздуха $+2^{\circ}$ полоса хлорофилла видна очень отчетливо, а на снимке, сделанном через две недели при температуре -6° , полоса хлорофилла не видна. Здесь, в противоположность свойствам канадской ели, растение очень быстро приспособилось к температуре воздуха.

В 1948 году сектор астроботаники отправил экспедицию к устью Оби, в район Салехарда. Там были получены спектрограммы многих растений. У некоторых из них — карликовой березы, кладонии, мытника, цетрарии и других — спектр, снятый в июле, то-есть в самое теплое время года, не дал сколько-нибудь заметной главной полосы поглощения хлорофилла.

Так мы нашли простое и естественное объяснение отсутствия полосы поглощения хлорофилла у марсианской растительности.

Теперь стало ясно, почему растительность на Марсе имеет голубой, синий и даже фиолетовый цвет. Если в спектре растения ослаблены красные, оранжевые, желтые и зеленые лучи, то лучи голубые, синие и фиолетовые приобретают большее значение. Значит, в суровом климате растения вместо зеленого могут

иметь голубой, синий и даже фиолетовый цвет. Этот вывод полностью подтверждается наблюдениями А. П. Кутыревой на Памире в 1950 и в 1951 годах.

А. П. Кутырева установила *, что уже перед подъемом на Алайский хребет в речных долинах большие пространства пойменных лугов, а также высоких и сухих мест речной долины имеют коричневато-лиловый или же сплошь синевато-лиловый оттенок. Это невольно вызывает сравнение с окраской тех частей поверхности Марса, где возможно предположить наличие растительности.

Окраска колосков некоторых видов мятликов, бескильницы, разных осок и злаков в субальпийском и альпийском поясе Памиро-Алая преимущественно темная, коричневато-лиловая. Естественно, что луг, покрытый выколосившимися травами этого вида, приобретает коричневато-лиловый фон.

Более сухие места долины покрыты другими видами злаков, преимущественно диким туркестанским ячменем, типчаком, карабашем или черноголовкой, колоски которых имеют уже синевато-лиловую или почти фиолетовую окраску с голубовато-матовым налетом. Естественно, что обширные пространства речных долин, где преобладают эти разновидности злаков, приобретают общий синевато-лиловый фон.

Сухие южные склоны долин покрыты зарослями

* «Вестник Академии наук Казахской ССР», июнь 1951 года.

низкорослой полыни, различными лапчатками и некоторыми другими растениями. Большая их часть имеет густое войлочное опушение, которое придает голубовато-белую окраску зелени этих видов. На общем фоне при значительной густоте покрова такие склоны принимают нежный голубоватый оттенок.

Особенно большое впечатление производит Алайская долина, лежащая на высоте около 3 500—3 600 метров над уровнем океана. Климат здесь довольно суровый. Иногда даже в летнее время долина покрыта растениями, имеющими густое войлочное опушение покровных тканей. Тогда голубоватые просторы долины напоминают большое озеро, среди которого разбросаны отдельные яркозеленые островки.

Колоски злаков в Алайской долине имеют в большинстве своем темную фиолетово-коричневую окраску.

У злаков Восточного Памира преобладает зеленая окраска листьев, но зато колоски у $\frac{3}{4}$ видов имеют или темную синевато-лиловую, или коричневую окраску. Особенно темный синевато-фиолетовый цвет с голубоватым матовым налетом имеют колоски черноголовки.

Даже многие из культурных растений, выращиваемых на Восточном Памире, приобретают лилово-фиолетовую окраску или колосковых чешуек, или хотя бы кончиков остей, что придает общий синевато-лиловый

или коричневатый оттенок травостоя. Вполне естественно, что в первую очередь растения приобретают защитную окраску на тех частях, которые оберегают нежные, только что формирующиеся плодики или семена.

А. П. Кутырева изучала на Памире отражение растениями разных участков солнечного спектра. По отношению к красным и инфракрасным лучам найдено, что больше всего отражают их культурные растения южного происхождения, впервые выращиваемые на Памире (среднеазиатский ячмень «алдашман» и другие). Они, по всей вероятности, сохранили в значительной степени принесенные извне наследственные признаки. Колоски черноголовки, имеющие наиболее темную синевато-голубоватую окраску, дают абсолютный минимум отражения в красных и инфракрасных лучах. Промежуточные величины наблюдаются у коричнево-лиловых колосков бескильницы.

Так, изучая причины отсутствия у марсианской растительности зеленой окраски и главной полосы поглощения хлорофилла, открыли оптическую приспособляемость земных растений к суровым условиям жизни.

Факт этот напоминает интересный случай с открытием газа гелия: он был сначала обнаружен на Солнце, от которого и получил свое название (гелий — греческое название Солнца), и лишь через 30 лет после этого на Земле,

САМОИЗЛУЧЕНИЕ РАСТЕНИЙ

Выше уже говорилось, что зелень растений и их цветы дают очень большую яркость в крайних красных и в инфракрасных лучах. Объяснить такое явление можно только самоизлучением растений в этих лучах.

Чтобы окончательно убедиться в этом, мы провели исследования при помощи специально построенного приспособления — флуоресцентного ящика.

В физике флуоресценцией называется самоизлучение, быстро заканчивающееся после прекращения облучения. Другой вид самоизлучения, продолжающийся довольно долго, называется фосфоресценцией.

Открыв самоизлучение цветов, мы не знали, является ли оно фосфоресценцией или флуоресценцией, то-есть не знали, как долго оно продолжается после облучения.

Мы стали закрывать на ночь цветы в саду флуоресцентным ящиком. В него был врезан фотоаппарат с очень светосильным объективом. Фотоаппарат наводился на цветы, затвор открывался с наступлением сумерек и закрывался перед утренней зарей. Испытали несколько цветов, но ни в одном случае не получилось следов изображения цветов.

Так установили — исследованные нами цветы не фосфоресцируют. Это, конечно, не значит, что нигде нет фосфоресцирующих цветов. Есть некоторое осно-

вание предполагать существование их в жарких странах. Но это требует проверки.

На снимке (фото 3) — флуоресцентный ящик, применяемый для фотографирования флуоресценции цветов. Ящик не имеет дна. Стенка у него скошена, в нее вставлен наливной светофильтр, наполненный водным раствором медного купороса. Концентрация раствора позволяет светофильтру совершенно поглощать крайние красные и инфракрасные лучи. Исследуемое растение накрывается флуоресцентным ящиком, повернутым наливным фильтром к Солнцу, и поэтому Солнце освещает растение всеми лучами, кроме красных, инфракрасных и отчасти ультрафиолетовых.

В ящик врезана фотокамера с очень светосильным объективом. Он закрыт красным светофильтром, который пропускает только лучи, поглощаемые наливным светофильтром. Таким образом, на фотопластинку, чувствительную к красным и инфракрасным лучам, не падает ни один луч Солнца.

На растение накладывают гипсовую пластинку. Делают выдержку в несколько секунд. Несмотря на то, что в кассету не попадают красные и инфракрасные лучи Солнца, фотопластинка дает изображение цветка в инфракрасных лучах. От гипсовой пластинки, как и следовало ожидать, либо не получается никаких следов, либо она освещена светом, исходящим от растения.

Это хорошо видно на фотографии папоротника

(фото 4), полученной в излучаемых им крайних красных и инфракрасных лучах.

Убедившись в том, что растения и их цветы излучают крайние красные и инфракрасные лучи, мы решили сфотографировать спектр излучения. Для этого заменили простую камеру спектрографом (фото 3) и стали получать спектры самоизлучения растений.

Для выражения силы самоизлучения растений ввели понятие энергетической отдачи самоизлучения; понятие это показывает отношение энергии самоизлучения к энергии облучения.

Оказалось, что отдача самоизлучения увеличивается с повышением температуры. У пихты, например, при переходе от -40° к $+20^{\circ}$ это число возрастает в 40 раз. Отсюда можно было сделать вывод — самоизлучение дает растениям еще один способ избавляться от лишнего тепла.

Итак, в очень жарком климате растение, избавляясь от излишнего тепла, во-первых, сильно отражает инфракрасные лучи и, во-вторых, отдает тепло излучением красных и инфракрасных лучей.

ОПТИЧЕСКАЯ ПРИСПОСОБЛЯЕМОСТЬ РАСТЕНИЙ К ВЫСОКИМ ТЕМПЕРАТУРАМ

Как известно, солнечные лучи любого цвета несут с собою тепло, — значит, растение в очень жарком климате, чтобы избавиться от излишнего тепла, должно отражать все падающие на него солнечные лучи.

Из лучей, видимых человеческим глазом, больше всего тепла несут лучи красные, оранжевые, желтые, зеленые и меньше — лучи голубые, синие и фиолетовые. Отражая преимущественно первую группу лучей, растения должны приобретать желтый цвет. Но, кроме отражения, как мы указывали выше, растения излучают из видимых лучей красные. Прибавление красных к желтым придает растению оранжевый цвет.

Это теоретическое заключение подтвердилось наблюдениями А. П. Кутыревой на Памире в 1951 году. В районе Джеланды на Восточном Памире (высота 3 440 метров) температура наиболее горячего источника равна $+71^{\circ}$; в самом горячем месте отмечены первые следы появления преимущественно красных и в небольшом количестве сине-зеленых водорослей. Основным признаком местонахождения горячих источников являются красновато-оранжевые водоросли, заметные издали и растущие в воде.

На Западном Памире, в районе Гарм-Чешма (высота 2 500—2 600 метров) на склоне известковой горы есть ущелье горячих источников. Три гейзера уступами опускаются к берегу горной реки. По их сторонам есть естественные чаши с горячей водой, напоминающие цветные раковины. Температура наиболее горячего источника в верхней чаше равна $+61^{\circ}$, в нижних $+46^{\circ}$ и $+32^{\circ}$. Выше верхнего гейзера, при температуре воздуха $+45^{\circ}$, росло широко распространенное в Средней Азии растение с пуши-

стыми листьями — коровяк, иначе называемое «медвежьим ухом». Листья его имели желтоватую окраску, тогда как в обычных условиях, например в Алма-Ате, они голубовато-зеленые.

Наблюдения, подтвердившие мнение о том, что растения в жарком климате должны иметь желтый или оранжевый цвет, позволяют нам сказать кое-что и о растительности на планете Венере. Прежде всего, при температуре, достигающей на Венере $+80^{\circ}$, растения жить могут. К этому они могли приспособиться в течение миллионов лет своего существования. Мы также можем сказать, что растения на Венере должны быть в основном либо желтыми, либо оранжевыми. Работы профессора Н. П. Барабашева в Харькове до некоторой степени подтверждают такой вывод. Наблюдая распределение яркости на облаках Венеры, он заметил избыток красных и желтых лучей в том месте облаков, куда падают лучи Солнца, отраженные поверхностью планеты.

Это, по мнению Н. П. Барабашева, указывает, что красные и желтые лучи проходят облака Венеры легче, чем синие. Одной из причин этого, добавим мы, может быть цвет растительности на Венере.

Как заманчиво научиться наблюдать поверхность Венеры сквозь ее облака! Раньше или позже это осуществится при помощи изучения длинноволновых инфракрасных лучей, испускаемых поверхностью планеты.

ДВОЙНАЯ РОЛЬ САМОИЗЛУЧЕНИЯ В ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ

Мы уже говорили выше, что отдача самоизлучения пихты при переходе от -40° к $+20^{\circ}$ увеличивается в 40 раз. Однако и при -40° самоизлучение еще существует.

Спрашивается, неужели и при такой низкой температуре пихта испытывает еще избыток тепла? Возможно, это результат чрезвычайной закалки пихты. Однако более вероятно предполагать двойную роль самоизлучения в жизни растения. Так, в жаркую погоду оно избавляется от избытка тепла, а в холодную выделяемым теплом согревается и согревает окружающий его воздух.

Примеры подобного самообогревания растений наблюдались во время зимовки на Тянь-Шанской высокогорной обсерватории в 1931—1932 годах, когда обнаружили поле подледной растительности — своеобразные природные теплицы.

Подо льдом почти метровой толщины были свободные пространства площадью до 400 квадратных метров, где росли и цвели растения альпийской зоны. Ледники куполообразной формы обеспечивали своего рода оранжерейный эффект. Собирая солнечную энергию, они защищали растения от морозов. Очевидно, что растения сами устроили себе теплицу собственным излучением.

Еще пример: ранние весенние цветы, такие, как подснежник и сольданелла, выходят из-под снега, расплавляя его своим теплом (рис. 3 и 4).

Такое же явление наблюдается на Алтае, в Горной Шории.

Ранней весной, когда температура воздуха еще значительно ниже нуля, из-под снега толщиной в 10—15 сантиметров выходят голубые анемоны.

Некоторые ботаники задавали мне такой вопрос: если, по теоретическим выводам астроботаники, желтые, оранжевые и красные цветы характерны для мест с высокой температурой, то почему же на севере и на высоких горах также встречается немало желтых и красных цветов, красных лишайников: желтый мак, калужница, лютик, одуванчик, красные альпийские рододендроны, золотистые и пурпурные цветы рододендрона под лучами незаходящего Солнца в Гренландии и т. п.?

На это я попытался ответить следующим образом.

Были сделаны два образчика оранжевого цвета, совершенно одинаковых для глаза, но имеющих разный спектральный состав.

Один — представлял собой нанесенный на стекло желатиновый слой, окрашенный в водном растворе анилиновой краски ауранция. Он прекрасно пропускает лучи инфракрасные, красные, оранжевые, жел-

тые, а также половину зеленых. Такую же окраску имел бы цветок, рассеивающий все эти лучи. Это должен быть оранжевый цветок, растущий в жарких местах и отражающий лучи, несущие особенно много тепла.

Другой подобный же слой на стекле был приклеен к плоской бутылочке, наполненной слабым водным раствором медного купороса. Он полностью поглощает инфракрасные и красные лучи, пропускает оранжевые, желтые и немного зеленых. Такую же окраску имел бы цветок, поглощающий инфракрасные и красные лучи и рассеивающий оранжевые, желтые и немного зеленых.

Это должен быть оранжевый цветок, растущий в холодном климате.

Интересные мысли о происхождении окраски цветов мы находим у Ивана Владимировича Мичурина.

В статье «Теплота и свет, как самые лучшие помощники в деле осмысленной гибридизации роз» он пишет: «Степень интенсивности света и количество его, а также температура воздуха и почвы играют главную роль в происхождении колеров цветочных лепестков растений.

Несомненно, для различных не только семейств, родов, видов, но даже и разновидностей для получения одного и того же данного колера требуется различная температура воздуха и почвы, а также и раз-

личная степень интенсивности лучей света, падающих на растение.

Известно, что в экваториальных местностях флора богаче желтыми колерами, что легко объясняется более высокой температурой воздуха и почвы и более высокой степенью интенсивности и суммы света, требующихся для получения желтого колера*.

Из наблюдений в Канаде выяснилось, что из всего летнего сезона месяцы сентябрь и октябрь отличаются обилием голубых цветов».

Приведенные выше опыты и высказывания позволяют нам сделать интересные выводы.

Если не так давно некоторые ученые говорили, что мы почти не знаем внешних приспособительных признаков, вызываемых холодом или избытком тепла, так как защита от тепла и холода внешне ничем не выражается**, то теперь мы можем сказать: защита растения от холода и тепла выражается внешне цветовыми свойствами света, который идет к нам от растения, иными словами — спектром этого света.

Спектральный анализ дал нам возможность узнать химический состав и многие физические свойства отдаленнейших небесных светил. Безусловно, он должен обнаружить и много нового у растений, находящихся в непосредственной близости от нас.

* Я бы предпочел сказать: «вызывающих желтый колер».

** В. В. Алехин, География растений, стр. 86. 1950.

РАСТЕНИЯ В СУРОВЫХ УСЛОВИЯХ СУЩЕСТВОВАНИЯ

Рассмотрим теперь суровые физические условия на Марсе и возможность приспособляемости к ним растений.

Марс находится в полтора раза дальше от Солнца, чем Земля, и получает тепла в два с половиной раза меньше. Климат Марса намного суровее земного. В полярных областях Марса зимой морозы доходят до 70 и 80 градусов.

На экваторе в полдень температура иногда поднимается до $+10^{\circ}$ и $+15^{\circ}$, но уже к закату солнца падает до 0° и продолжает снижаться в течение ночи, доходя к рассвету до -45° .

Таким образом, даже на экваторе суточные колебания огромны. Объясняется это также и разреженностью атмосферы Марса.

Среднегодовая температура Марса значительно ниже 0° , тогда как на Земле она равна $+15^{\circ}$ по Цельсию.

Однако климат Марса не страшен для растений. На Земле, в Якутской области, в районе Верхоянска и Оймякона, климат не менее суров, а между тем там живут около 200 видов растений.

Приспособляемость растений к низким температурам вообще очень велика. Так, например, морозник белоцветный цветет зимою, нередко под снегом.

Нераспустившиеся бутоны ложечной травы на сибирских берегах Ледовитого океана переносят зимние морозы до -46° , иногда без снега, и распускаются с наступлением следующего лета.

Резкие колебания температуры на Марсе от восхода солнца к полудню сравнимы с колебаниями на Памире, где, по данным профессора П. А. Баранова, континентальность климата выражена чрезвычайно резко. Амплитуда годовых температур на поверхности почвы достигает $102,5^{\circ}$, суточные же колебания на поверхности почвы доходят до 60° . Средняя годовая температура в долинах Памира отрицательная и равняется для Мургаба $-0,9^{\circ}$. Тем не менее памирская растительность весьма разнообразна.

Резкая смена температуры дня и ночи, больше всего сказывающаяся на биологии растения, является основной причиной сильного повышения морозоустойчивости растения в условиях высокогорья. Таким образом, в низких ночных температурах можно видеть скорее положительный фактор, обеспечивающий постоянную закалку растений.

Подобных примеров приспособляемости растений к низким температурам можно было бы привести множество.

Еще что резко бросается в глаза при изучении климатических условий Марса, — это незначительное количество воды, а следовательно, малая влажность атмосферы.

И эта особенность марсианского климата также напоминает климат Памира. Памир — высокогорная пустыня. Переваливая через высочайшие хребты, окружающие ее со всех сторон, воздушные течения иссушаются, оставляя влагу в виде грандиозных ледников и снежников, и в долины Памира приходят уже с ничтожным содержанием влаги. В летние полуденные часы, когда температура бывает наиболее высокой, относительная влажность не превышает 9—15 процентов. Чтобы понять значение этих цифр, достаточно указать, что падение относительной влажности ниже 50 процентов уже неблагоприятно отзывается на человеке.

Представители дикой высокогорной флоры прошли длительный путь развития и приспособились к суровым условиям высокогорья. Культурное же растение попадает на Памире в совершенно новую обстановку, какой оно не встречает нигде в земледельческих зонах земного шара. Однако и для развития культурного растения все крайности климата не являются непреодолимыми препятствиями.

Памирская закалка дает растению широкие возможности для перенесения заморозков. Она делает даже совершенно нестойкий к заморозкам картофель способным переносить отрицательные температуры в 7—8°. Яровые двурядные ячмени с низкой морозоустойчивостью также становятся устойчивыми к заморозкам.

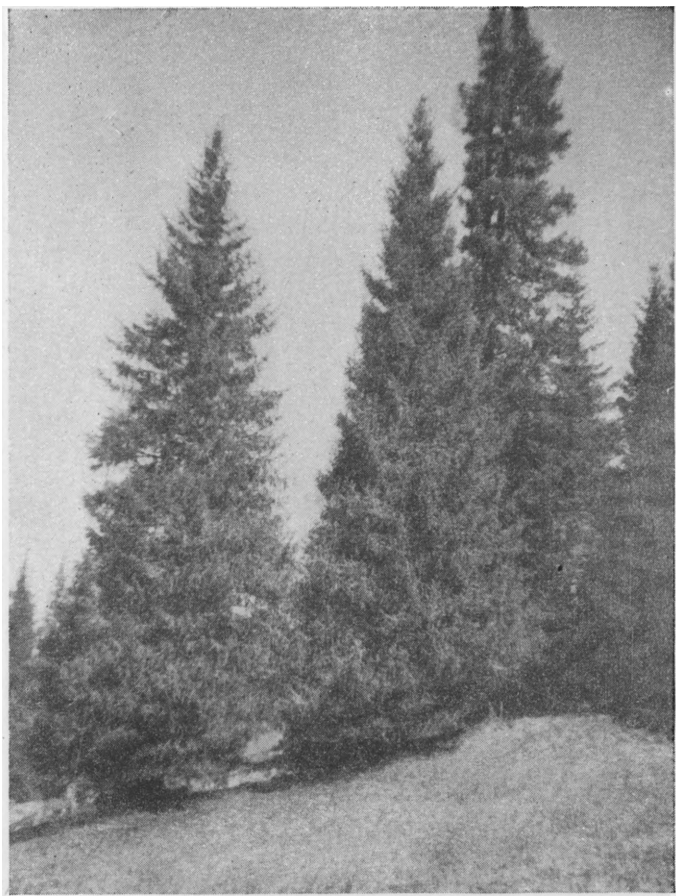


Фото 1. Тянь-шанские ели в синих лучах.

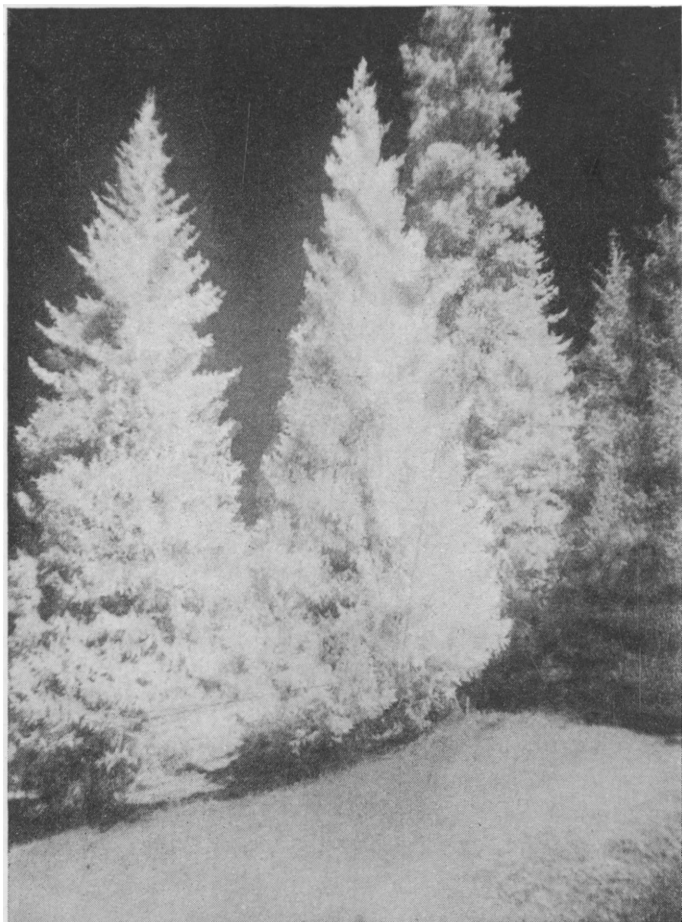


Фото 2. Тянь-шанские ели в инфракрасных лучах.

Своеобразная обстановка Памира преобразует растения, обладающие в обычных условиях высокими показателями транспирации (испарения влаги) в растения мало транспирующие.

Думаю, приведенных примеров совершенно достаточно, чтобы не считать чрезвычайную сухость марсианской атмосферы препятствием для существования растений.

По данным спектрального анализа известно, что в атмосфере Марса очень мало и кислорода. Могут ли растения существовать при кислородном голоде?

Пример этого мы видим в растениях подводных и растениях болотных. Развитие их шло по линии приспособления к уменьшенному количеству кислорода. Большинство болотных и водных растений имеют значительные запасы воздуха внутри своего тела в виде широких межклетников, дыхательных корней и других приспособлений.

То же может быть и на Марсе. Для фотосинтеза растение использует углекислый газ. Его в атмосфере Марса вдвое больше, чем в земной. При фотосинтезе растение выделяет кислород, образующийся разложением воды. Так как кислород необходим растению для дыхания, то при фотосинтезе оно может не только выделять его в атмосферу, но и сохранять в различных частях, например в корнях.

Перейдем теперь к вопросу о коротковолновых ультрафиолетовых лучах,

В земной атмосфере роль фильтра, поглощающего губительные для жизни коротковолновые ультрафиолетовые лучи, играет озон. В атмосфере Марса озона нет. На этом основании утверждают, что растения существовать там не могут. Однако нет никаких оснований думать, что за многие сотни миллионов лет они не могли бы приспособиться к условиям существования на Марсе, в частности к действию коротковолновых ультрафиолетовых лучей. Зарождение и развитие жизни могут идти на других планетах своими путями, отличными от земных.

Диалектический материализм учит, что жизнь есть явление закономерное, появляющееся с железной необходимостью как результат эволюции материи. Если бы в земной атмосфере не появился озон, то жизнь все равно существовала бы, приспособившись к коротковолновым ультрафиолетовым лучам.

Об этом мы и должны помнить, разбирая, в частности, проблему ультрафиолетовых лучей. Например, можно говорить о губительном действии коротковолновых ультрафиолетовых лучей на бактерии, если прибавить к слову «бактерии» «современные». Но нельзя так говорить о бактериях древнейших геологических периодов.

По общепринятому мнению, пионерами жизни на Земле были микроорганизмы. Значительно позже появились растения, а в результате их жизнедеятельности — кислород.

Из кислорода образовался тот слой озона в 3 миллиметра толщиной (при нормальном давлении), который поглощает ультрафиолетовые лучи, губительные для современных земных бактерий и других организмов. Следовательно, если не говорить о неизвестных нам пока что других поглотителях ультрафиолетовых лучей в древнейшей земной атмосфере, то пионеры жизни на Земле не боялись этих лучей.

Очень интересные исследования были проведены в 1950 году в Нальчике. Сделали два опыта: взяли по 6 семян кукурузы на влажной пропускной бумаге и поместили под колокол воздушного насоса объемом в 5,5 литра.

Температура во время опытов держалась в пределах 20—22,5° днем и ночью. Это соответствует летней марсианской температуре в зоне незаходящего Солнца. Давление воздуха поддерживалось такое, как на поверхности Марса.

В первом опыте воздух менялся 2 раза в сутки, и растения находились в течение 3 суток под давлением от 20 до 70 миллиметров ртутного столба. Ростки в начале развития листьев имели определенно лучшее развитие, чем в контрольных семенах.

Во втором опыте те же проросшие семена были перенесены в условия неменяющегося разрежения воздуха в пределах 18—22 миллиметров давления и выдержаны без обмена воздуха в течение 5 суток. Развитие листьев замедлилось в сравнении с раз-

витиём листьев контрольных семян, но ростки сохранили свежий вид. Никаких признаков увядания не было.

Из опытов можно сделать два вывода. Первый — семена кукурузы хорошо проросли бы до развития листьев, если бы были высажены на Марсе. Второй — в обстановке обычного парника семена кукурузы могли бы прорасти до развития листьев на высотах до 25 километров в условиях Земли.

Жизнь на Марсе возможна, изучение ее ставит ряд интересных опытных задач перед биологией и биофизикой, которые помогут нам разгадать тайны нашей земной жизни.

ГИПОТЕЗА О ПАЛЕОБОТАНИКЕ МАРСА И ВЕНЕРЫ

Палеоботаникой называется наука о древних земных растениях, остатки которых находятся в напластованиях земной коры. Но как же подойти к палеоботанике Марса и Венеры?

На первый взгляд задача кажется совершенно неразрешимой. Однако, обратившись к оптическим свойствам растений этих планет и сравнив их с оптическими свойствами растений земных, мы найдем способ проникнуть в палеоботанику этих планет.

В 1948 году я наблюдал противостояние Марса на Ташкентской астрономической обсерватории. Восполь-

зовавшись прекрасной библиотекой обсерватории, я сделал выписки из работ, относящихся к наблюдениям Марса, в том числе из работ французских астрономов Антониади и Бальдэ. Они производили наблюдения в 1924 году при помощи громадного рефрактора Медонской обсерватории близ Парижа.

Бальдэ пишет, что, начиная с 9 августа (это соответствовало той поре марсианской весны южного полушария, какая бывает 18 мая в северном полушарии Земли), вокруг южной полярной шапки постепенно развивалась полоса коричнево-шоколадного, а затем более светлого коричнево-каштанового цвета на участках, покрытых перед тем зеленовато-голубоватым оттенком, в частности на море Хрониум, широта которого — 59° . Некоторые части «морей» приобрели цвет коричнево-лиловый или коричнево-фиолетовый, например некоторые части моря Сирен и моря Киммерийского, имеющих широту — 28° , и все Тирренское море.

А Антониади замечает, что все места Марса с широтами от — 60° до — 80° впервые приобрели коричневый цвет между 15 и 24 мая.

С другой стороны, места с низкими широтами, от — 17° до — 37° , в промежуток времени от 30 мая до 8 июня переменили свой цвет из зеленого, серого или голубого на коричнево-лиловый. Эти даты указывают марсианское время года южного полушария в переводе на даты северного полушария Земли.

Необычность этих наблюдений в том, что весенний цвет растительности в южной полярной области оказался коричневым. Это долго было для меня непонятным.

В 1947 году была напечатана статья профессора Н. П. Барабашева «Об изменении цвета «морей» Марса».

«Для «морей» и «заливов», лежащих между широтами — 30° и — 60° , зеленая и голубая окраска, — пишет автор статьи, — наблюдаются лишь вблизи лета. До наступления зеленой и голубой окраски эти области бывают коричневыми. Та же коричневая окраска наблюдается и после зеленого и голубого периода».

Теперь вспомним одно интересное свойство молодых листочков земных растений, наблюдаемое весной. Первые полураспустившиеся листочки очень многих растений: молодого дубка, клена, тополя и каштана, имеют красновато-бурый цвет, который лишь позже переходит в обычный зеленый.

Это же подметил и председатель Минского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества С. Н. Срединский.

Ранней весной (в апреле и начале мая) 1951 года в окрестностях Минска, вблизи биостанции университета, он наблюдал преобладание красноватого цвета растительности. Травы еще не было, а очень широко представлены были мхи печеночники и другие растения. Все они имели красноватую, красно-желтую

и красно-бурую окраску. Зеленым был только плаун, вечнозеленое растение лесов вблизи торфяников.

Позднее наблюдателя поразили общий красноватый оттенок кустарниковых зарослей. Ветки, почки, нераспустившиеся листья имели красную, розовую, красно-бурую окраску.

Это явление С. Н. Срединский объясняет, опираясь на общеизвестный закон биологии: онтогенез — история индивидуального развития живого существа — повторяет филогенез — историю развития вида и рода.

Вот интересный пример. Палеоботаники установили, что многие из ископаемых листьев, приписываемых группе гинкго, из меловых отложений *, довольно глубоко разрезаны, и это рассечение становится все более и более выраженным по мере удаления в прошлое. На следующей странице на рисунке показано, что у сравнительно позднего гинкго из миоцена почти незаметно отличия от ныне живущих видов. Но у современных сеянцев гинкго, как и у их далеких предков, листья разрезаны. Таким образом, существует большое сходство между молодыми современными растениями и взрослыми растениями далекого прошлого. Поэтому далеко не всегда особенности сезонных явлений в жизни растения можно объяснить одними современными условиями. Для их понимания

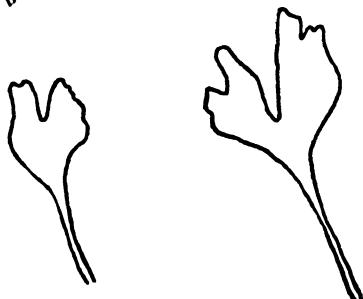
* Меловой период был от 125 до 60 миллионов лет до нашего времени.

Миоцен, 19-7 млн лет
до нашего времени

Меловой период
125-60 млн. лет до
нашего времени



ИСКОПАЕМЫЕ ЛИСТЬЯ



СОВРЕМЕННЫЕ СЕЯНЦЫ

надо учитывать происхождение растения, его историю.

Вот с этой точки зрения мы и должны изучать растительность на Марсе и Венере.

Итак, то обстоятельство, что ранней весной земные растения имеют коричнево-красный цвет, можно объяснить воспроизведением растениями цвета своих далеких взрослых предков. Налицо атавистическая черта, говорящая о том, что цвет растительности в древние времена, порядка 100 миллионов лет до на-

шего времени, был на Земле красноватым. Отсюда же следует, что в древние, в геологическом смысле, времена растительность и на Марсе была «теплых» цветов, то-есть с преобладанием красных и желтых лучей, и что климат на Марсе был мягкий. На нем находилось гораздо больше воды, чем теперь, атмосфера была плотнее, с большим количеством водяных паров и углекислого газа и значительной облачностью. Вот тогда и могла зародиться растительная жизнь на Марсе.

Здесь интересно отметить следующее. Иван Владимирович Мичурин, как мы уже говорили, установил влияние теплых и влажных условий на выращивание роз с желтыми цветами. Данными биологии неоспоримо доказано, что в палеозойскую эру, особенно в каменноугольный период, климат на Земле был сумеречный, влажный и теплый. Поэтому можно предположить, что органы размножения растений имели тогда желтоватый цвет. Такое заключение подтверждается тем, что в настоящее время цвет органов размножения тропических растений преимущественно желтый. Эти растения являются наследниками растительности третичного периода, а, по данным палеонтологии, третичный климат гораздо ближе к палеозою *, чем современный.

На основании изложенного можно представить

* Палеозойская эра предшествует мезозойской. Это третья эра истории Земли.

себе растительность в наиболее влажных полярных областях Марса, покрывающихся зимою снегом и льдом.

Вероятно, там живут вечнозеленые растения типа наших мхов, плаунов и жестколистных приземистых растений, вроде брусники, клюквы, морошки. Могут жить низкорослые деревца, похожие на земные карликовые березки или ивы.

Ранней весной молодые листочки брусники, клюквы и морошки имеют коричнево-красную окраску. У карликовых березок и у ивы такую окраску приобретают побеги. Затем эта окраска у всех перечисленных растений исчезает.

Растения типа мхов и плаунов на Марсе, как и на Земле, сохраняют зеленовато-голубоватую окраску и под снегом, о чем говорят наблюдения Бальдэ. С началом весны на местах, освободившихся от снега, растения типа мхов и приземистых жестколистных кустиков приобретают красно-бурый цвет. Деревца вроде карликовых березок и ив выпускают побеги красно-бурой окраски. Все это дает постепенно развивающейся полосе вокруг южной полярной шапки близкий к такой окраске коричнево-каштановый цвет.

Почему же, как пишет Бальдэ, приполярная растительность Марса, по мере продвижения весны, стала приобретать более светлый коричневато-каштановый цвет? Это можно объяснить постепенным переходом цвета листьев к желтым тонам, которые

предшествуют летнему цвету, как это наблюдается весной и у некоторых земных растений.

Почему же ближе к экватору растения, по наблюдениям Бальдэ, имели уже обычную марсианскую окраску, о происхождении которой мы говорили в главе «Рождение астроботаники», то-есть коричнево-лиловую или коричнево-фиолетовую. Вероятно, потому, что там наступило лето и растения приобрели свою летнюю окраску.

Сопоставляя теперь цвет марсианских растений, который видели Бальдэ и Антониади во время марсианского лета, с цветом памирских растений, который наблюдала А. П. Кутырева на Памире во время экспедиции 1950 года, мы видим, что между наблюдениями Бальдэ, Антониади и Кутыревой много общего. А если принять во внимание, что между климатом Марса и Памира также много общего, то сходство между цветом растительных покровов на Марсе и цветом растительности на Памире уже нельзя считать случайностью.

Это и дает нам основание сравнивать весенние растительные явления на Марсе с весенними явлениями у растительности земной.

Все изложенное в этой главе только гипотеза, но она показывает, на что следует обратить внимание при дальнейших исследованиях существования жизни на Марсе, а также и на других планетах, в частности на Венере.

В главе об оптической приспособляемости растений к высоким температурам мы уже говорили, что вследствие жаркого климата планеты Венеры растительность на ней должна быть желтой или оранжевой. Поэтому по отношению к Венере можно сказать, что там теперь климат такой, какой был на Земле и на Марсе сотни миллионов лет тому назад.

ПРИСПОСОБЛЕННОСТЬ НИЗШИХ ОРГАНИЗМОВ К УСЛОВИЯМ СРЕДЫ

Самая высокая температура, которую выдерживают некоторые существа, например споры грибов или бактерий, приближается к 140°C .

Еще больше устойчивость организмов при низкой температуре.

Выдающийся советский ученый академик Вернадский создал учение о биосфере — оболочке земной коры. Он доказал, что наряду с неорганической материей в ней существует материя живая. В своих трудах Вернадский рассказывает, что французский физик Поль Беккерель опускал мхи, лишайники и водоросли на несколько недель в жидкий воздух с температурой — 190°C . При отогревании в горячей воде они оживали.

Даже после 6 лет высушивания и погружения в жидкий воздух Беккерель оживлял лишайники —

стенница (ксантория) — с живущими на них коло-
вратками и тихоходками. Ученый еще делал опыты
и при самых низких доступных температурах (гелий
— 271°). Обезвоженные споры бактерий, водо-
рослей, грибов, мхов, папоротников, очищенные ст
кожицы семена, подвергнутые действию этой темпе-
ратуры в пустоте, давали после размораживания нор-
мальное потомство.

Многие виды бактерий и грибов живут без свобод-
ного кислорода. Их называют анаэробными.

Водоросли и мхи размножаются в запаянной труб-
ке, наполненной водяными парами стерилизованных
минеральных растворов, которые лишены растворен-
ного кислорода. Эти организмы живут сначала без
воздуха, производя угольную кислоту. Затем, восста-
навливая фотосинтез, создают новую, кислородную
атмосферу. Осциллярии жили таким образом 8 лет
в атмосфере, созданной ими самими, пока не истощи-
лась их питательная среда.

Холод, засоленность, ядовитые вещества — все это
не помеха для жизни микробов, по крайней мере
некоторых из них. Приспособительная способность
этих одноклеточных существ неисчерпаема.

В горячих источниках, с температурой до 90°С,
обнаружены своеобразные, приспособившиеся к этим
условиям организмы.

Экспедиция микробиологов в 1946 году открыла
жизнь даже в бесплодных, обезвоженных почвах пу-

стыни Сахары, где в некоторых районах максимальная температура воздуха достигает 55° . Дождливых дней в году насчитывается здесь всего от двух до пяти. Поверхность земли — точно раскаленная сковорода. Даже с помощью специальных приборов в почве пустыни не удастся обнаружить воду. И вот в этих, казалось бы невозможных для жизни, условиях в грамме песка нашли до 100 тысяч микробов.

Микробы пустыни оказались очень тонкими химиками, их водососушая сила была выше всяких норм, известных для флоры засушливых районов.

Специальные приборы регистрировали «дыхание» почвы; следовательно, микробы были жизнедеятельны. Стекланные пластинки, зарытые в исследуемую почву, через две недели оказывались покрытыми плесневыми грибами и бактериями.

Еще более обитаемы «черные пески» — пустыня Кара-Кум. В комочке почвы величиной с наперсток находится более полумиллиона разнообразных видов микроорганизмов. Правда, жизнь микробов чуть теплится, но в этих существах таится недюжинная скрытая сила, которая проявляется, как только условия становятся более подходящими.

Таким образом, исследования, проведенные в пустыне, заставляют расширить наши представления о границах жизни.

Очень интересные многочисленные примеры при-

способляемости низших организмов к среде приведены в работах академика Вернадского.

Плесневые грибы, бактерии, дрожжи выдерживают давление до 3 000 атмосфер без всякого видимого изменения своих свойств. Жизнь дрожжей сохраняется при 8 000 атмосфер давления. С другой стороны, скрытые формы жизни — семена или споры — могут сохраняться длительное время в «безвоздушном» пространстве, то-есть при давлениях, равных тысячным долям атмосферы.

Огромна и область химических изменений, которые выдерживает жизнь.

Споры и зерна — скрытые формы жизни — могут, повидимому, неопределенное время находиться без всякого вреда в среде, лишенной газов и воды, то-есть вполне сухой.

Химические среды, в которых может существовать жизнь, чрезвычайно разнообразны.

Бацилла «борацикола», живущая в горячих борных источниках Тосканы, свободно выдерживает 10-процентный раствор серной кислоты при обычной температуре.

Известны плесневые грибки, которые живут в крепких растворах различных солей, купоросов, селитр, губельных для других организмов. Та же бацилла «борацикола» выдерживает 0,3-процентный раствор сулемы, а некоторые другие бактерии и инфузории даже ее концентрированные растворы. Дрожжи живут

в растворах фтористого натрия. Личинки некоторых мух выживают в 10-процентном растворе формалина.

В начале нашего века русский биолог С. Н. Виноградский доказал существование живых существ, лишенных хлорофилла, но добывающих себе питание из неорганических веществ. Эти невидимые существа — бактерии живут в почвах, в верхних слоях земной коры, проникают в глубокие толщи океана. Для поддержания своей жизнедеятельности они употребляют химическую энергию минералов, богатых кислородом, и поэтому не зависят от других организмов и солнечных лучей.

Число видов таких бактерий незначительно, оно не превышает сотни, между тем видов зеленых растений известно до 180 000. Но одна бактерия может произвести в один день по крайней мере несколько триллионов особей, между тем как одна одноклеточная зеленая водоросль, из всех зеленых растений наиболее быстро размножающаяся, дает в тот же промежуток времени лишь несколько особей, а большей частью гораздо меньше, около одной особи в 2—3 дня. Поэтому, несмотря на микроскопические размеры, из-за поразительной силы размножения значение бактерий в природе огромно.

Как видим, приведенные академиком Вернадским примеры убедительно показывают беспредельность приспособляемости различных форм жизни.

ВОЗМОЖНА ЛИ ЖИЗНЬ МИКРООРГАНИЗМОВ НА ПЛАНЕТАХ

Зная физические и химические свойства планет солнечной системы и познакомившись с приспособляемостью микроорганизмов к условиям среды, мы можем с уверенностью говорить о существовании на Марсе и Венере микроорганизмов.

Можно ли сказать то же о планетах-гигантах — Юпитере, Сатурне, Уране и Нептуне?

Как известно, температура на внешних оболочках их атмосфер очень низка: от -140 до -200°C . Они содержат очень много газообразного метана, а Юпитер и Сатурн — также аммиака. В таких условиях высшие земные организмы существовать не могут.

Однако известны бактерии, которые могут жить в метане, хотя при обыкновенных условиях и нуждаются в кислороде. Некоторые из них могут вместо кислорода использовать нитраты, то-есть азотные соединения.

Метан образуется при сбраживании многих органических веществ. Те же самые бактерии, которые вызывают метановое брожение органических веществ, способны в присутствии молекулярного водорода восстанавливать углекислый газ до метана.

Можно с уверенностью сказать, что в атмосферах планет-гигантов находится водород. Поэтому присут-

ствие метана в атмосферах этих планет можно объяснить деятельностью бактерий.

Можно предположить, что метан и аммиак образуются в атмосферных глубинах планет-гигантов также и в результате разложения отживших микроорганизмов и поднимаются из уплотненных внутренних слоев в верхние слои атмосфер.

Это предположение подтверждается и следующими обстоятельствами.

В земных горных породах, а также в вулканических газах обычно присутствует метан. Для разных вулканов содержание метана в выделяющихся из них газах составляет от 3 до 12 процентов. В газах, выделяющихся из графита, — до 40 процентов метана, из базальта — свыше 10 процентов, из гранита — 3 процента. Раньше предполагали, что метан, выделяющийся из горных пород при нагревании, образуется под воздействием воды на карбиды металлов. Однако при нагревании с водой карбидов кальция, натрия, калия выделяется не метан, а ацетилен. Поэтому теперь считают, что источником метана в данных случаях является органическое вещество.

Где же могут существовать на планетах-гигантах микроорганизмы? Можно думать, что с погружением в атмосферы этих планет температура повышается и на некоторой глубине становится несколько выше нуля, а потому там могут жить бактерии.

Тот факт, что метан и аммиак могут образовы-

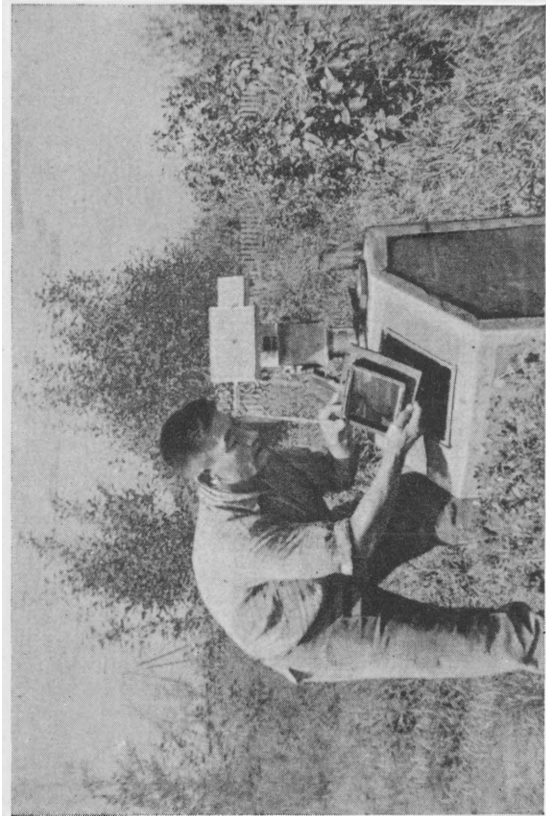


Фото 3. Флуоресцентный ящик со спектрографом.

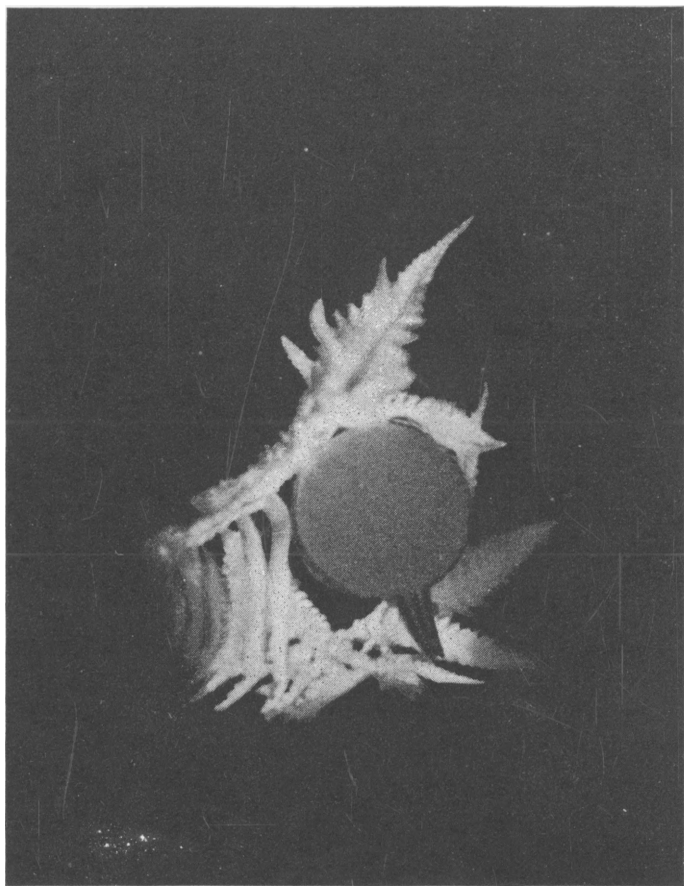


Фото 4. Самоизлучение папоротника. (В середине гипсовая пластинка.)

ваться и без участия организмов (метан, например, имеется в небольших количествах даже на кометах), не является возражением против наших предположений.

Метан (CH_4) состоит из углерода (C) и водорода (H), а аммиак (NH_3) — из азота (N) и водорода (H). Но все эти элементы — углерод, водород и азот — имеют изотопы, которые занимают одно и то же место в таблице Менделеева, но имеют разный атомный вес. Так, у углерода два изотопа с атомными весами 12 и 13, у водорода три — с атомными весами 1; 2 и 3 и у азота — два с атомными весами 14 и 15.

Есть основание считать, что изотопный состав метана и аммиака органического происхождения отличается от изотопного состава этих газов неорганического происхождения, а потому должны различаться и их спектры. Следовательно, изучая спектры этих газов органического и неорганического происхождения и сравнивая их со спектрами планет-гигантов, можно будет решить, есть ли на этих планетах аммиак и метан органического происхождения. Интересно отметить, что при сравнении спектра метана из светильного газа, имеющего органическое происхождение, со спектрами планет-гигантов получилось полное сходство, тогда как между спектром этих планет и аммиака лабораторного, синтетического, найдено различие.

Итак, есть основание предполагать, что микроорганизмы существуют и на планетах-гигантах.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АСТРОБИОЛОГИИ

Для дальнейшего развития работ по астробиологии надо углубить и расширить астроботанические исследования. Необходимо продолжить изучение возможности жизни организмов на других планетах. И, наконец, всемерно укреплять связи астроботаники с практическими задачами, решаемыми наукой.

Ученые выдвинули идею создания астробиологического института. Мощные астрономические инструменты позволят нам исследовать свет планет, проникая возможно дальше в инфракрасные лучи.

Новейшие приборы дадут возможность производить тщательные исследования спектра аммиака (органического и минерального происхождения) при очень низких температурах и разных давлениях.

Хорошо организованные экспедиции позволят изучать оптические свойства растений в самых разнообразных климатах земного шара от высоких гор и Арктики до влажных и сухих тропических стран.

Большое содействие смогут оказать нам ученые Китайской Народной Республики. На высокогорьях Тибета климат гораздо ближе к марсианскому, чем даже у нас на Памире, а на юго-востоке Китая природа уже тропическая.

На встрече советских астрономов с делегацией китайских ученых в Пулковской обсерватории 27 марта 1953 года ботаники Китая заинтересовались про-

блемами астробиологии и изъявили желание начать наблюдения цвета тибетских растений.

Детальное изучение «оптической приспособляемости» к суровым климатическим условиям помогут нашей агротехнике в выведении морозоустойчивых и засухоустойчивых видов растений, в продвижении культур на север и в места с засушливым климатом.

Тесная связь астробиологии с астрономией, физикой, химией, биологией объединит усилия исследователей. Все это даст науке единый комплекс знаний о жизни на Земле и других планетах.

А в будущем, когда советская наука и техника дадут сверхмощные приборы для наблюдения, перед астробиологией откроются поистине неограниченные возможности. Человечеству будут доступны тайны жизни на других планетах. Изучение жизни на Земле и на других планетах сольется воедино.



ВЕЗДЕСУЩАЯ ЖИЗНЬ

(Пояснительный текст к «Таблице жизни». См. вкладку).

Бесконечно разнообразны жизненные формы, неисчерпаема их приспособляемость к условиям внешней среды.

Академик В. И. Вернадский в книге «Биосфера» впервые поставил вопрос о границах биосферы — об области существования жизни. Где же проходят эти границы?

При определении границ жизни надо различать две формы жизни — активную, когда живые организмы находятся в состоянии энергичного обмена веществ с окружающей средой, могут размножаться, и пассивную, когда живые организмы находятся в состоянии скрытой жизни — в виде семян, спор, в состоянии анабиоза. Безусловно, зона пассивной жизни значительно шире зоны активной жизни.

Человек в лабораторных условиях может создавать искусственно отрицательные температуры почти до абсолютного нуля — 273° . В температуре жидкого гелия — $271^{\circ},88$ могут выживать споры бактерий. При температуре в -240° удавалось выдерживать в подсушенном состоянии круглых червей — нематод и близких к ним тихоходок. При этом они не теряли способности оживать после перенесения их в тепло и смачивания.

В последнее время в биологии получены новые данные о состоянии, в котором может находиться живое вещество при низких отрицательных температурах. Уже давно было известно, что при замерзании живая клетка гибнет от образования кристаллов льда, разрушающих клеточную структуру. Следовательно, чем меньше в клетке воды, тем больше должна быть ее стойкость к отрицательным температурам. Подсушивание организмов перед погружением в морозную атмосферу способствует их большей морозоустойчивости. Еще более действенно быстрое погружение в морозную среду. Мелкие организмы и отдельные клетки при этом не образуют кристаллов льда, а переходят в особое стеклообразное состояние.

Однако при отрицательных температурах зона активной жизни для животных с переменной температурой и растений очень невелика. Для морской фауны и флоры она лежит между нулем и $-1^{\circ}8$, для наземной примерно такая же.

Максимальной температурой, при которой еще возможна активная полноценная жизнь, надо считать температуру горячих источников — гейзеров ($+92^{\circ}$). В них обнаружены бактерии и водоросли. Эти наблюдения чрезвычайно интересны потому, что температурный предел жизни для огромного большинства животных и растений ограничивается моментом свертывания (коагуляции) белка. Для яичного белка эта граница лежит около $+75^{\circ}$. Бактерии и водоросли из горячих источников, видимо, обладают особым жаростойким белком, создавшимся в процессе эволюционного приспособления их к жизни в столь исключительных температурных условиях.

Весьма возможно, что могут существовать организмы, способные выдерживать еще более высокие температуры, так как критическая температура находится в прямой зависимости от давления. Это надо помнить, рассматривая вопрос о возможности жизни на Венере.

Рассмотрим теперь фактор давления. Глубоководные драги экспедиции Института океанологии Академии наук СССР под-

няли многочисленных животных со дна глубочайших впадин мирового океана — с глубины свыше 8 000 метров, где они жили под давлением в 800 атмосфер. (При погружении в воду на каждые 10 метров давление увеличивается на одну атмосферу.) В нефтеносных скважинах советские микробиологи обнаружили живых бактерий на глубине в 1 000 метров. По мнению академика В. И. Вернадского, живые организмы могут встречаться под землей на глубине в 4 000 метров.

В лабораторных условиях удалось создать давления, намного превышающие все известные нам в земных условиях.

Оказалось, что дрожжевые грибки могут выдерживать давление в 8000 атмосфер. Оно примерно в десять раз больше, чем на самых больших глубинах океана.

Разреженную атмосферу различные организмы выдерживают по-разному. Шар-зонд принес споры бактерий и плесневых грибков с высоты 33 000 метров — из пронизываемых мощным космическим излучением заоблачных областей атмосферы. В горах на высоте в 6 200 метров наблюдали рост цветковых растений. Тли были найдены в воздухе на высоте в 8 200 метров, а в экспериментальных условиях мухи оказались способными к размножению при давлении в 25 миллиметров ртутного столба. Из теплокровных животных птицы, повидимому, лучше, чем млекопитающие, переносят разреженную атмосферу. Если человек на высоте в 7 000 метров и при давлении примерно в 225 миллиметров ртутного столба теряет сознание, то крупные горные птицы — кондоры — парят около высочайших вершин (Эверест в Гималаях, высотой в 8 882 метра).

Здесь дается условная таблица существования жизни в зависимости от параметров внешней среды — температуры и давления.

Несмотря на то, что таблица не отражает всех характеристик среды, в частности ее химического состава, она все же отчетливо показывает почти безграничную приспособляемость самых различных живых организмов к внешним условиям. По-

чти от абсолютного нуля, от -273° , и до $+170^{\circ}\text{Ц}$ простирается область существования жизни! Почти весь диапазон давлений — от 0 до 8000 атмосфер — может быть населен живыми организмами!

В таких границах, обозначенных на таблице пунктирной линией, живут споры бактерий. Они могут существовать на всех планетах, за исключением Плутона, Меркурия, Луны и астерридов.

Приспособляемость червей уже несколько меньше. Круглые черви выдерживают температуру от -240° до $+120^{\circ}$ и давление от 0,5 до 800 атмосфер.

Споровые растения (границы: температуры от -190° до $+93^{\circ}$, давления от 0,5 до 550 атмосфер) могут существовать в условиях Юпитера и Сатурна.

Семена высших растений сохраняют свою жизнедеятельность при температуре от -190° до $+120^{\circ}$ и давлении от 0,55 до 550 атмосфер.

Насекомые переносят температуру от -80° до $+50^{\circ}$ и давление от 0,1 до 520 атмосфер. Они могут существовать в марсианских условиях.

Наземные растения переносят температуру от -65° до $+80^{\circ}$, давление от 0,4 до 1 атмосферы.

Границы существования млекопитающих простираются от температуры в -65° до $+50^{\circ}$. Давление, которое они выдерживают, колеблется от 0,5 до 3 атмосфер.

Цветные прямоугольники, около которых нарисованы планеты, показывают температурные и атмосферные условия на планетах.

Для планет-гигантов данные о температурах взяты по радиометрическим измерениям, для Плутона — по расчетам. Данные об атмосферном давлении этих планет получены из допущения, что эти атмосферы подобны земной и плотность их зависит только от силы тяжести на поверхности планет.

Из сопоставления видно, что температуры и атмосферные

давления хотя бы для двух планет — Венеры и Марса — широко захватывают область существования жизни, а для большинства остальных планет не выходят за границы этой области. Во всяком случае, возможность существования на Венере и Марсе даже известных нам, приспособившихся к земным условиям, простейших организмов отрицать нельзя.

С биологической точки зрения не лишена основания гипотеза о возможности существования на планетах-гигантах организмов с большей приспособленностью к низким температурным условиям, чем те, которые имеются на Земле.

Вместе с тем таблица выявила огромные пробелы наших знаний в этой области. Почти не выяснено влияние высокого давления на живые организмы разных классов. Совершенно не изучено комплексное влияние на них различных температур и давлений. Именно этим, а не невозможностью существования там живых существ объясняется наличие «незаселенных» областей в отдалении от осей координат таблицы.

Доктор биологических наук, профессор В. Алпатов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ф. Энгельс, Диалектика природы. Госполитиздат, 1952.
Введение (стр. 5—19); «Из истории науки» (стр. 145—158); «Биология» (стр. 238—252); «Естествознание и философия» (стр. 159—165).
- Тихов Г. А., Планета Марс. Изд. АН КазССР, 1948
- Тихов Г. А., Новейшие исследования по вопросу о растительности на планете Марс. Изд. «Правда», 1948.
- Тихов Г. А., Астроботаника. Изд. АН КазССР, 1949.
- Шаронов В. В., Марс Изд. АН СССР, 1947.
- Шаронов В. В., Есть ли жизнь на планетах. Изд. «Молодая гвардия», 1950.
- Сытинская Н. Н., Есть ли жизнь на небесных телах. Изд. АН СССР, 1950.
- Сытинская Н. Н., Есть ли жизнь на других планетах. Госкультпросветиздат, 1952.
-

Уважаемые читатели!

Присылайте ваши отзывы о содержании, художественном оформлении и полиграфическом исполнении книги, а также пожелания автору и издательству.

Комсомольских и библиотечных работников просим написать о работе, проведенной с этой книгой.

Укажите ваш адрес, профессию и возраст.

Пишите по адресу. Москва, Суцевская ул., 21, издательство ЦК ВЛКСМ «Молодая гвардия», массовый отдел.

2 р. 50 к.

