



**УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО РУССКОМУ ЯЗЫКУ
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ЧТЕНИЯ**
Научно-популярные тексты

Москва
Издательство Университета дружбы народов
1989

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

И. В. Венедиктов

УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО РУССКОМУ ЯЗЫКУ
ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ЧТЕНИЯ

Научно-популярные тексты

Для иностранных студентов подготовительного
факультета инженерных специальностей

Москва
Издательство Университета дружбы народов
1989

Утверждено
Редакционно-издательским советом
Университета

Учебные материалы по русскому языку для самостоятельного чтения. Научно-популярные тексты. Для иностранных студентов подготовительного факультета инженерных специальностей /Авт. кол.: Т.Е.Аросева, Р.И.Бабенко, Л.В.Людникова, Л.Г.Рогова. - М.: Изд-во УДН, 1989. - 52 с.

Предлагаются тексты научно-популярного характера по астрономии, геологии, материаловедению и астрофизике, освещающие современный научный подход к проблемам. Цель - развитие у студентов навыков самостоятельного чтения и расширение их словарного запаса.

Работа с текстами рассчитана на внеаудиторное самостоятельное чтение студентов и позволяет учитывать их индивидуальные возможности и интересы.

Подготовлено на кафедре русского языка № I подготовительного факультета.

Список источников, послуживших
основой для составления текстов

- Астапенко П.Д. Вопросы о погоде. - Л., 1982.
- Барабой В.А. Солнечный луч. - М., 1976.
- Вайсберг Дж. Погода на Земле. Метеорология. - Л., 1980.
- Гинзбург В.Л. Высокотемпературные сверхпроводники стали реальностью. - Наука и жизнь, 1987, № 9.
- Книга для чтения по неорганической химии. Ч.П: Учебное пособие для учащихся 9-х кл. /Сост.В.А.Криуман. М., 1984.
- Комаров В.Н., Пановкин Б.Н. Занимательная астрофизика. - М., 1984.
- Куликов К.А. Вращение Земли. - М., 1985.
- Лиелл Джералд Л. Наука о материалах. - В мире науки, 1986, № 12.
- Мизун Ю.Г. Космос и погода. - М., 1986.
- Неорганическая химия: Энциклопедия школьника. - М., 1975.
- Популярная библиотека химических элементов. Кн.1. - М., 1977; Кн.2. - М., 1985.
- Солнечное затмение 31 июля 1981 г. и его наблюдение /Под ред. акад.А.А.Михайлова. М., 1980.
- Судо М.М. Современная геология. - М., 1981.
- Цу Вей Цоу, Рой Л. Мак-Каллор, Р.Байрон Пайпс. Композиционные материалы. - В мире науки, 1986, № 12.
- Шкловский И.С. Проблемы современной астрофизики. - М., 1982.
- Камень, бронза, сталь... Что дальше? - Известия, 1987, 4 июля.
- Сюрпризы сверхпроводимости. - Известия, 1987, 14 марта.
- Сенсация, которую ждали. - Неделя, 1987, № 16.
- Программа "Марс". - Знание - сила, 1988, № 12.
- Фобос в объективах "Фобоса". - Правда, 1988, 22 февраля.
- Станция "Фобос": очередной маневр. - Известия, 1989, 8 марта.

І. НАША ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

Вопрос о возрасте нашей планеты издавна интересовал людей. Решить этот вопрос позволили методы, основанные на использовании явления радиоактивного распада атомов. Изучение распада радиоактивных элементов — урана, тория, калия и других, содержащихся в горных породах, показало, что радиоактивный распад происходит самопроизвольно и всегда с постоянной скоростью, не зависящей от изменения условий окружающей среды. Определив процентное содержание продуктов распада, можно вычислить возраст минерала, т.е. время, которое прошло с момента его образования.

Скорость распада радиоактивного ряда урана известна. Из 100 г урана за 74 млн лет образуется 1 г (1%) изотопа свинца Pb^{206} . Скорость постоянна. Поэтому, зная количество оставшегося радиоактивного элемента (урана) и накопившегося в минерале продукта распада — свинца, можно путем умножения количества свинца (в процентах) на 74 млн определить абсолютный возраст минерала, а по нему и время существования данного пласта Земли.

Благодаря развитию радиологических методов ученые разработали шкалу абсолютной геохронологии. В этой шкале изученный геологический этап развития Земли определяется в 3,5 млрд лет. Но между возрастом изученных древнейших пород и возрастом Земли как планеты имеется продолжительный этап, который не оставил достоверных свидетельств своей истории. По данным определения абсолютного возраста метеоритного и лунного вещества ученые считают, что наша планета образовалась около 5 млрд лет назад из космической пыли и газа.

История развития Земли

Вопросы происхождения и эволюции Земли, волнующие ученых с античных времен, относятся к числу дискуссионных вопросов науки. Однако и в настоящее время единая теория глубинного строения и развития Земли еще не создана.

Базой для формирования представлений о развитии Земли служит анализ состава и строения горных пород, слагающих зем-

ную кору. Возраст изученных древнейших пород определяется примерно в 3,5 млрд лет. Это изученный геологический этап развития Земли. Но что можно сказать о Земле в более ранний, догеологический период развития?

Согласно космогонической гипотезе советского академика О.Ю.Шмидта Земля, как и другие планеты Солнечной системы, образовалась из холодного газо-пылевого облака, захваченного Солнцем из окружающего космического пространства. Предполагают, что зародышем Земли стало тело диаметром 500–1000 км и 98% всей массы Земли приобрела за 100 млн лет.

Ряд ученых считают, что Земля сначала была однородной. Однако вследствие распада радиоактивных элементов – урана, тория, калия – выделялось огромное количество тепловой энергии, и недра Земли разогревались. Начали проявляться процессы гравитационной дифференциации. Более тяжелые вещества опускались вниз, а более легкие поднимались вверх. Они образовали базальтовую земную кору. И с этого момента отсчитывается геологическая история Земли.

Когда Земля достигла значительных размеров, она стала способной удерживать газовые компоненты, выделявшиеся на ее поверхность из внутренних зон при их разогревании. Возникла земная атмосфера. Она состояла главным образом из углеводородных газов, аммиака, углекислоты и свободного водорода. Взаимодействие между углекислотой и водородом, по-видимому, приводило к образованию метана и водяного пара. Благодаря этому в атмосфере и на поверхности Земли появилась вода, возникли моря, океаны.

Атмосфера Земли

Атмосфера – это воздушный океан, представляющий собой верхнюю оболочку Земли. Как и сама Земля, атмосфера под влиянием вращения нашей планеты тоже несколько смещена над полюсами и разбухает над экватором. Однако этот эффект выражен в атмосфере значительно сильнее, чем в твердой оболочке Земли.

Атмосфера неоднородна. Ее плотность убывает с высотой. На высотах 1100–1300 км концентрация молекул атмосферных газов очень велика, а выше 1300 км атмосферы нет.

Давление атмосферы распространяется на всю поверхность планеты. С высотой давление убывает, причем тем быстрее, чем

выше температура атмосферы. На высоте 8 км оно примерно в 3 раза меньше, чем над уровнем моря.

До начала XX века всю атмосферу считали более или менее однородной. В частности, считали, что температура воздуха в атмосфере равномерно убывает с высотой. Лишь в начале XX века было установлено слоистое строение атмосферы. При этом отметим, что большая часть массы атмосферы (97%) сосредоточена в слое до высоты 29 км.

В настоящее время атмосферу условно делят на пять зон: тропосферу, стратосферу, мезосферу, термосферу и экзосферу.

I. Тропосфера – это нижний слой атмосферы. Все перемены погоды и климата на Земле являются результатами физических процессов, происходящих именно в этом слое. Верхняя граница тропосферы – тропопауза толщиной 1–2 км, расположена в среднем на высоте 11–12 км и является границей между тропосферой и стратосферой. В тропосфере в направлении от поверхности Земли к верхней границе тропосферы температура непрерывно падает. На высоте 11–12 км температура в среднем достигает -50°C . Над экватором минимальная температура составляет -62°C , а над полюсами около -45°C .

В 10-километровом слое тропосферы сконцентрирован весь водяной пар. В отдельных местах атмосферы водяной пар начинает конденсироваться или сублимироваться, т.е. переходить в жидкое и твердое состояние. Формируются дождевые и грозовые тучи, а в связи с понижением температуры в верхних слоях тропосферы и снежные образования.

II. Стратосфера – расположена выше тропосферы и находится от Земли в среднем на высоте до 50 км. В нижней части стратосферы до высоты 25 км температура остается более или менее постоянной и составляет -56°C . Выше 25 и до 50 км температура в стратосфере постепенно возрастает примерно до 0°C . Это возрастание температуры объясняется реакцией образования озона – одной из главных химических реакций, происходящих в атмосфере.

Распределение температур в стратосфере зависит от времени года.

В стратосфере почти нет водяного пара, нет там и обычных облаков, способных давать осадки.

Ионосфера. В верхних слоях атмосферы наблюдаются ионизационные процессы – появляется ионизованная часть верхней ат-

мосферы — ионосфера. Можно считать, что ионосфера начинается с высоты около 60–80 км над поверхностью Земли. Разделение атмосферы на отдельные слои довольно легко заметить по особенностям изменения температуры с высотой в каждом слое. В отличие от указанных выше пяти слоев ионосфера выделена не по температурному признаку. Главная особенность ионосферы — высокая степень ионизации атмосферных газов. Эта ионизация возникает вследствие поглощения солнечной энергии атомами различных газов.

III. Мезосфера лежит выше стратосферы, верхняя граница которой расположена на высоте около 80 км. Мезосфера характеризуется падением температуры с высотой. Из-за этого падения температуры в мезосфере возможны конвективные и турбулентные движения воздуха. На реальность таких движений указывают се-ребристые облака, которые формируются на высоте около 80 км. Они видны лишь после захода Солнца.

В мезосфере, как и в стратосфере, очень велика амплитуда годовой температуры воздуха. Если в тропосфере и стратосфере максимальные температуры отмечаются летом, а минимальные — зимой, то в верхней мезосфере наблюдается противоположная картина: зимой — максимум, а летом — минимум температуры воздуха.

IV. Термосфера расположена до высоты около 800 км и ограничена снизу мезосферой, а сверху — экзосферой. Температура в этом слое сначала значительно возрастает с высотой, а затем очень быстро падает. Однако падает не беспрестанно, потом температура снова увеличивается. В термосфере выше 100 км растет доля легких газов, и на очень больших высотах преобладают гелий и водород; часть молекул газов разлагается на атомы и ионы, образуя ионосферу.

Температура и плотность воздуха сильно зависят от времени суток и времени года. С высотой эта зависимость увеличивается.

V. Экзосферой называется область выше 800–1000 км. Экзосфера — это самая внешняя область атмосферы. Из этой области происходит "утечка" атомов газов (в особенности легких газов — водорода и гелия).

Определить, где именно кончается атмосфера и начинается космос, трудно, поскольку с высотой плотность атмосферных га-

зов уменьшается постепенно и сама атмосфера плавно переходит почти в вакуум. Тем не менее на высотах 1000–1200 км существует воздух, хотя и сильно разреженный. По наблюдениям автоматических станций лишь на высотах 2000–3000 км плотность воздуха приближается к ничтожно малым значениям, которые характерны для космического пространства. Этот предел и является верхней границей земной атмосферы.

N2 Состав земной атмосферы

Атмосферный воздух представляет собой механическую смесь многих газов. Главные компоненты сухого чистого воздуха на уровне моря – азот, кислород, аргон и углекислый газ. По объему азот составляет 78,08, кислород – 20,95, аргон – 0,93 и углекислый газ – 0,03%. На долю остальных газов – неона, гелия, криптона, водорода, озона и др. – приходится менее 0,01%. Во всех местах земного шара соотношение указанных компонентов практически является неизменным. Это объясняется тем, что в атмосфере действуют процессы выравнивания состава этих газов на всех высотах.

Очень важные составляющие: водяной пар, озон и углекислый газ. Количество этих компонентов меняется в зависимости от разных причин.

Озон в основном сосредоточен в стратосфере, где он вызывает поглощение ультрафиолетовой солнечной радиации. Он также влияет на атмосферные процессы, особенно на тепловой режим стратосферы.

Количество озона в атмосфере с высотой сначала увеличивается, достигает максимума на высотах 20–30 км, где толщина его слоя достигает 0,23–0,52 см, а затем уменьшается и исчезает на высоте около 70 км. Несмотря на небольшое количество этого газа, он играет важную роль в тепловом режиме атмосферы и, что особенно важно, в создании оптимальных условий для органической жизни на Земле. Наибольшее количество озона наблюдается весной, а наименьшее – осенью и зимой. Количество озона весной уменьшается при движении от полюсов к экватору. Летом максимальное содержание озона в воздухе наблюдается на широте около 60°. Больше наблюдается озона в областях низкого давления – циклонах и меньше в областях высокого давления – антициклонах.

Основная масса озона в атмосфере расположена в виде слоя на высоте 10–50 км. Этот слой предохраняет живые организмы на Земле от вредного влияния коротковолновой ультрафиолетовой радиации Солнца.

Водяной пар. В атмосфере Земли содержится около 0,23% водяного пара. На содержание в воздухе водяного пара очень сильное влияние оказывает температура воздуха. В холодных полярных районах в приземном воздухе содержится в среднем около 0,2% влаги, а в теплых экваториальных районах – около 3%. По мере подъема вверх количество водяного пара быстро уменьшается, так как температура быстро падает с высотой. Плотность водяного пара убывает вдвое на высоте около 2 км, в 10 раз на высоте в 6 км и в 100 раз на высоте около 8 км. Выше 10–15 км содержание водяного пара ничтожно мало.

Углекислый газ. Содержание углекислого газа (CO_2) в воздухе колеблется от 0,02 до 0,04%. Оптимальная норма близка к 0,03%. Важную роль в его регулировании в атмосфере играет Мировой океан: когда атмосфера перенасыщена углекислым газом, Мировой океан поглощает излишек, при недостатке – выделяет, обогащая атмосферу. Углекислый газ поступает в атмосферу при сгорании дерева, угля, бензина, при дыхании, гниении и т.д., а расходуется на питание растений.

Углекислый газ совершает в природе кругооборот. Он растворяется в морской воде. Образовавшись в результате окисления углекислородосодержащих газов, выделяющихся при извержении вулканов, углекислый газ исчезает в результате реакций с морской водой и пр.

В атмосферу Земли поступает значительно больше CO_2 , чем нужно. Последние десятилетия наблюдается рост содержания углекислого газа, обусловленный промышленными загрязнениями. Это может повлиять на климат, так как углекислый газ создает парниковый эффект. Дело в том, что лишний, непоглощенный CO_2 улетучивается и накапливается на определенной высоте в атмосфере, образуя вокруг Земли газовую сферическую оболочку. Подобная оболочка пропускает все коротковолновое излучение Солнца, но задерживает отразившееся от земной поверхности тепловое длинноволновое, накапливая его около планеты, как в ловушке. В замкнутом пространстве парника возникает тепловая циркуляция воздуха, играющая важную роль в формировании климата.

Благодаря парниковому эффекту на Земле в течение суток не бывает резких перепадов температуры: они находятся в пределах 15°C .

Водяной пар также влияет на ^{увеличение} эффективность парникового эффекта. Увеличение его количества усиливает парниковый эффект в атмосфере.

Если бы количество водяного пара и углекислого газа возросло, то температура атмосферы значительно увеличилась бы в результате действия парникового эффекта. По гипотезе английского климатолога Хьюберта Лемба, в результате этого процесса через 2,2 тыс. лет можно ожидать повышения средней температуры на всем земном шаре на 6°C . Подобный климат был почти 100 млн лет тому назад, когда на Земле жили динозавры. Данная гипотеза, безусловно, нуждается в серьезной проверке. Однако для благополучия будущих поколений необходимо улавливать все вредные отходы, которые идут в атмосферу Земли.

Гидросфера Земли

Океаны, моря, реки, озера и другие водные объекты Земли составляют ее гидросферу, которая заметно влияет на вращение Земли.

Могла ли Земля быть без гидросферы? Безусловно, как и большинство небесных тел. Но тогда Земля была бы просто безжизненной планетой Солнечной системы, поверхность которой была бы похожа на поверхность Меркурия, Марса или Луны.

Количество воды на Земле таково, что самая глубокая впадина на Земле — Марианская — оказалась под слоем воды толщиной 11022 м, а самая большая возвышенность — гора Эверест — поднялась над уровнем океана на высоту 8848 м. Средняя глубина Мирового океана около 3800 м, в то время как средняя высота над уровнем моря примерно 875 м.

- Из всей воды, содержащейся в гидросфере, 94% приходится на морскую воду, 4% — на подземные или грунтовые воды и примерно 2% составляют льды и снега Арктики, Антарктиды, Гренландии и горные ледниковые области. Лишь менее 0,5% составляют поверхностные воды суши: озера, реки, водоемы, почвенные воды. Поверхностные воды играют важнейшую роль в жизни нашей планеты, т.к. являются основным источником водоснабжения и удовлетворяют потребности в ней человечества, а также животного и растительного мира.

Вода, благодаря своим свойствам, имеет исключительно важное значение для создания на Земле оптимального теплового режима.

Вода обладает одним из самых высоких значений удельной теплоемкости среди других веществ на Земле. Поэтому водные массы нагреваются и охлаждаются гораздо медленнее, чем суша.

Вода является почти идеальным растворителем. Она способна растворять в себе значительно больше веществ, чем любая другая жидкость.

Без воды была бы невозможна органическая жизнь на Земле, т.к. все жизненно важные процессы протекают в живых организмах только в водных растворах.

Такая особенность воды, как расширение при замерзании, отличает ее от большинства других веществ, которые в этих условиях сжимаются. Вода же сжимается при понижении ее температуры до 4°C . 4°C — это температура наибольшей плотности воды. При дальнейшем понижении температуры воды ее молекулы не могут больше уплотняться, расстояние между ними начинает увеличиваться и вода расширяется. Поэтому плотность льда меньше плотности воды, и более легкий лед плавает на поверхности воды. Если бы вода не обладала таким свойством, большинство организмов, живущих в воде, погибло бы при замерзании воды и вряд ли в воде могла бы зародиться жизнь.

Основная масса льда располагается на материках в Арктике, Антарктиде и Гренландии. Если бы этот лед растаял, то уровень Мирового океана повысился примерно на 60 м. При этом 10% суши оказалось бы под водой. В настоящее время климат Земли медленно изменяется в сторону потепления, что приводит к постепенному отступанию ледников и, как следствие, — поднятию Мирового океана. За последние 25 лет скорость повышения уровня моря составляет в среднем 0,12 см в год.

Гидросфера под воздействием солнечного излучения, испаряясь с поверхностей всех водоемов — от океана до самых малых луж, из почвы и т.д., поступает в виде пара в атмосферу, конденсируется в более высоких слоях атмосферы, образуя туман, облака, и затем выпадает на землю в виде осадков — дождя, снега, иногда града. Атмосферные осадки продолжают свой круговорот: собираются в ручьях и реках, текущих в озера, моря и океаны, а также фильтруются через почву и горные породы зем-

ной коры и в дальнейшем как грунтовые и подземные воды стекают в реки и другие водоемы, заканчивая круговорот.

Вымытые в процессе круговорота продукты сносятся текущими водами в моря, океаны и замкнутые водоемы, образуя осадочные породы. Большая часть осадочных горных пород образовалась в прошлые геологические периоды в различных водоемах гидросферы. Они несут в себе такие ценные полезные ископаемые, как нефть, уголь, бокситы, различные руды и соли.

По данным различных исследований возраст гидросферы не менее 2 млрд лет; как считается, именно в гидросфере впервые зародилась жизнь на Земле, и в ней уже продолжалась первоначальная эволюция организмов. Только в начале палеозойской эры началось постепенное переселение животных и растительных организмов на сушу. Начала формироваться биосфера.

Биосфера Земли

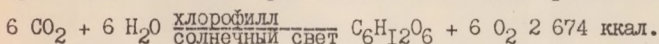
Биосфера – оболочка Земли, в которой развивается жизнь во всех ее формах. В биосферу входит почти вся гидросфера, нижняя часть атмосферы и верхние слои земной коры. Верхняя граница биосферы находится в тропосфере на высоте 10–15 км. Нижняя, подземная, граница ее находится в литосфере, по-видимому, на глубинах до 2–3 км. В биосфере сконцентрировано все живое вещество нашей планеты, от живой клетки до высокоорганизованной материи – человека.

По составу биосфера очень неоднородна, в нее входят и твердые, и жидкие, и газообразные сферы. Правомерно ли объединять их в единое целое, так ли велика роль живых организмов в геологической истории Земли? Ведь каждый отдельный организм мал по сравнению с неорганическими факторами природы (теплом и холодом, дождями и засухами, ветрами и вулканическими извержениями), роль его ничтожна. Казалось бы, живые организмы должны лишь приспосабливаться к окружающей среде.

Советский ученый академик В.И.Вернадский, развивая в 20-х годах нашего века учение о биосфере, рассматривал всю совокупность живых организмов как единое целое, которое называл живым веществом. Оказывается, общая масса "живого вещества" на Земле не так уж мала: она превышает 10^{12} т. Причем, это в основном растения, которые делают нашу Землю "зеленой планетой".

Живое вещество строится из простых неорганических соеди-

нений окружающей природы – из углекислого газа, воды, минеральных солей. Самый важный процесс этого типа – фотосинтез, протекающий в зеленых растениях. Схема этого процесса такова:



Но это лишь общая схема процесса, его начало и конец. А каковы же его ступени, его детальный механизм? В наши дни фотосинтез изучают научные институты во многих странах мира, в том числе в СССР. Полностью тайна фотосинтеза еще не раскрыта, но многое уже стало ясным. Оказалось, что в зеленом листе происходит разложение воды. Кислород выделяется в окружающую среду. Водород же вступает в сложную систему реакций с участием углекислого газа, который поступает из атмосферы. Так синтезируются органические соединения – простейшие сахара (например, глюкоза $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). На дальнейших ступенях фотосинтеза из простейших сахаров образуются и более сложные органические соединения.

Как известно, многие реакции в лаборатории идут лишь при нагревании в присутствии катализаторов. А в живой природе? На первой ступени фотосинтеза растения используют энергию солнечного света, а роль катализатора играет зеленый пигмент хлорофилл. Продукты фотосинтеза – и органические соединения, и кислород – поглощают солнечную энергию, которая затем может выделяться в виде теплоты или совершать работу. Известно, что сахар, например, повышает работоспособность человека. А высвободившийся под действием солнечной энергии кислород приобретает способность совершать химическую работу, например, окислять металлы.

Процесс фотосинтеза уже очень давно идет на нашей планете, насыщая ее атмосферу свободным кислородом. Имеется много доказательств того, что в первичной атмосфере Земли не было свободного кислорода до появления зеленых растений.

Свободный кислород – могучий деятель на земной поверхности, с его появлением многие процессы на Земле стали протекать по-другому.

Так, он перевел огромное количество серы из состояния S^{-2} в S^{+6} и заставил ее энергично мигрировать – перемещаться на Земле. В ранние геологические эпохи сера существовала в виде сульфидов или сероводорода (H_2S). Это нетрудно доказать. Ведь в вулканических горных породах сера в основном находится в

виде пирита FeS_2 и других нерастворимых в воде сульфидов. Когда в атмосфере появился кислород, он начал окислять сульфиды, и на Земле появились сульфаты. Сера стала мигрировать на земной поверхности в виде растворимых сульфатов, а в заливах морей в результате испарения отлагались пласты сульфатов мощностью в десятки метров.

Железо и марганец в "докислородную эпоху", напротив, сравнительно энергично мигрировали в водах, так как находились в виде легко растворимых солей Fe и Mn . моря и реки той далекой эпохи содержали повышенное количество железа и марганца. Накопленный в атмосфере свободный кислород стал окислять их, осаждая практически нерастворимые соединения трехвалентного Fe и четырехвалентного Mn . Некоторые геологи считают, что с этим связано массовое образование осадочных железных руд в древних океанах.

Но какова геологическая роль органических веществ на Земле? После смерти организмов их остатки, разлагаясь, частично "минерализуются", то есть снова превращаются в CO_2 , H_2O и минеральные соли. Часть же их остается в земной коре в виде торфа, углей, нефти и других веществ. Местами эти горючие ископаемые образуют огромные залежи. Еще больше органических веществ рассеяно в биосфере и встречается в небольших количествах повсеместно. Это гумус почв, растворимые органические соединения в реках и озерах (поэтому их вода местами похожа по цвету на крепкий чай). Это примеси в известняках, глинах, песчаниках и других осадочных породах.

Органические вещества — не инертные массы в земной коре. Везде, где есть вода, они служат пищей для микроорганизмов, окисляющих их до CO_2 , H_2O и т.д.

Для дыхания микробам необходим кислород, и они в первую очередь поглощают весь свободный O_2 , растворенный в воде; когда же он израсходуется, начинают отнимать кислород у неорганических соединений — сульфатов, нитратов, гидроокисей железа, марганца и др. Так, в болотах, илах, на дне морей и озер, в глубоких водоносных горизонтах исчезает свободный кислород. Там сульфаты снова переходят в сульфиды, железо из трехвалентного — в двухвалентное и т.д. Эти восстановительные процессы играют в биосфере не меньшую геологическую роль, чем окислительные.

Итак, за время геологической истории живое вещество с помощью фотосинтеза разделило физико-химическую среду Земли на две противоположные: резко окислительную со свободным кислородом над земной поверхностью и резко восстановительную в болотах, илах, глубоких подземных водах. Фотосинтез и минерализация — эти противоположные процессы образования и разрушения органических веществ — образуют единый биологический круговорот атомов в природе.

Миллиарды лет назад на Земле появился мощный геохимический фактор — живое вещество, преобразовавшее природу. Возникла особая оболочка планеты — биосфера — очень сложная саморегулирующаяся система с многочисленными связями между ее частями. В последние тысячелетия произошел новый скачок в развитии Земли как планеты — приобрела особое значение геохимическая деятельность человека. Человеческое общество превратилось в могучую геохимическую силу, преобразующую природу. Эта деятельность, несущая огромные блага людям, может иметь и вредные последствия. Достаточно нарушить взаимосвязи составляющих биосферу частей, и в ней могут начаться процессы, вредные для человечества. Вот почему охрана окружающей среды, охрана природы — одна из важнейших проблем, стоящих перед человечеством в наши дни.

Гипотезы развития Земли

Ученые во все века стремились объяснить геологические явления, происходящие на Земле. По мере проведения геологических исследований, в геологии появлялись новые фактические данные. Но чем больше изучали ученые поверхность Земли, чем глубже пытались проникнуть в ее недра, тем больше возникало новых гипотез. Земля еще хранит множество загадок. Еще не создана в настоящее время единая общая теория Земли.

Гипотеза дрейфа материков. Ученые уже давно обратили внимание на загадочное географическое явление — совпадение очертаний противоположных берегов Атлантического океана: Южной Америки и западного побережья Африки. В середине XIX века была высказана гипотеза, что Северная и Южная Америка в прошлом составляли единое целое с Европой и Азией. Впоследствии они отделились и переместились относительно друг друга. Наиболее полно гипотезу дрейфа материков развил в 1912 г. немецкий геофизик Альфред Вегенер.

Согласно представлениям Вегенера вся поверхность Земли первоначально была покрыта сплошным тонким слоем гранита. Вся гранитная поверхность Земли в палеозойскую эру (270–570 млн лет назад) образовала единый праматерик Пангея (греч. "пан" – всеобщий, "ге" – земля), который возвышался среди безбрежного океана. Затем единый материк раскололся на отдельные континенты. Например, Америка откололась от Европы и Африки и продвинулась на запад. Между этими континентами возник Атлантический океан. В результате перемещения Антарктиды к югу, Австралии к юго-востоку, а Индостана к северо-востоку между ними образовался Индийский океан. Таким образом, в гипотезе Вегенера Атлантический и Индийский океаны рассматриваются как вторичные, а Тихий океан – как остаток первичного океана.

Гипотеза расширения Земли. Сторонники этой гипотезы предполагают, что объем земного шара первоначально был намного меньшим, чем сейчас. Радиус Земли составил 3500–4000 км, а ее поверхность была в два раза меньше современной. Океанов еще не существовало. Материковая кора покрывала сплошной оболочкой весь земной шар. По мнению ученых, постепенно началось расширение Земли: ее радиус стал увеличиваться ежегодно приблизительно на 0,6 мм. Вследствие расширения первоначально единая материковая кора растрескалась. Образовались отдельные континенты, они все дальше и дальше отодвигались друг от друга по мере дальнейшего расширения Земли. Быстрое расширение земного шара объясняется сторонниками гипотезы по-разному.

Пульсационная гипотеза. В начале XX века была высказана идея о том, что эпохи расширения Земли затем сменяются эпохами ее сжатия. Позднее эта гипотеза получила название "пульсационной". Идею о чередовании процессов растяжения и сжатия развивают некоторые современные последователи пульсационной гипотезы. По их представлениям, эпохам сжатия соответствуют горообразовательные фазы, эпохам расширения – периоды покоя и прогибания водных бассейнов. Эффекты растяжения и сжатия распределяются неравномерно по поверхности Земли. Вследствие многократного попеременного сжатия и растяжения происходит дрейф плит земной коры от зон растяжения к зонам сжатия.

Ряд сторонников пульсационной гипотезы считают, что процесс сокращения объема Земли и сжатия земной коры преобладает над ее расширением, особенно в настоящую эпоху. На существова-

ние попеременных изменений радиуса Земли указывают геологические факторы, ряд астрономических факторов. Данные палеомагнетизма свидетельствуют о колебаниях радиуса Земли в пределах 10% на протяжении последних 500 млн лет. Но причины пульсаций остаются неясными.

Концепция новой глобальной тектоники. Гипотеза мобилизма – дрейфа материков, гипотеза расширяющейся вселенной и пульсационная гипотеза имели широкое распространение в XX веке. В 60 – 70-е годы, благодаря изучению геологии океанического дна, вновь возродились идеи мобилизма, но на качественно новой основе. Оформилась и бурно развивалась новая концепция глобальной тектоники плит. В основе ее лежат современные гипотезы: раздвижения океанического дна и образования океанических впадин, дрейфа крупных литосферных плит по размягченной астеносфере и др. Против концепции "мобилистов" – концепции тектоники плит активно выступают "фиксисты". Они считают, что взаимное расположение материков в течение всей геологической истории Земли сохранялось неизменным, фиксированным, океаны образовались на месте континентов.

Исследования строения Земли продолжаются

Научные знания о Земле как планете, о процессах, протекающих в ее недрах, еще очень ограничены. Одной из важнейших научных проблем является дальнейшее изучение строения внутренних слоев земли и свойств вещества земных недр. В настоящее время многие наблюдения и исследования проводятся в масштабах всей Земли учеными разных стран по специальным международным проектам. Советские ученые являются постоянными участниками проводимых совместных исследований по международным программам.

В 60-е годы нашего века ученые более 50 стран проводили совместные исследования по международному проекту "Верхняя мантия и ее влияние на развитие земной коры". Главной целью проекта было: выявить основные черты верхней мантии Земли, поскольку в этой оболочке идут процессы, вызывающие движения земной коры, извержения вулканов, землетрясения, перемещения магмы, приводящие к образованию полезных ископаемых.

Совместные работы по проекту "Верхняя мантия" продолжа-

лись около 10 лет. За это время было проведено множество исследований на континентах и морях. Впервые в истории наук о Земле удалось обследовать дно океанов. Современные геофизические методы позволили определить толщину коры под океаном, выделить в ней слои с различными физическими свойствами. Глубоководное бурение позволило достать образцы пород с океанического дна. В результате было установлено, что строение земной коры под океаном иное, чем на материках.

Вся сумма полученных данных породила принципиально новые взгляды на строение и историю развития земной коры. Была разработана гипотеза тектоники плит, которая рассматривает жизнь земной коры в динамике, в непрерывном движении.

В 70-е годы выполнялись международные исследования по "Геодинамическому проекту". Само название этого комплекса исследований говорит о его направленности: раньше строение земли изучалось в статике, рассматривалось в состоянии покоя. Теперь же внимание ученых направлялось на изучение перемещений вещества земной коры и мантии, процессов, происходящих там, действия сил, вызывающих различные перемены в земной коре. Изменился традиционный взгляд на Землю: теперь исследователи изучали Землю как постоянно меняющуюся планету.

В ходе исследований по "Геодинамическому проекту" была усовершенствована модель перемещения плит, уточнены ее детали, с новых позиций рассмотрено строение многих регионов и выделены новые районы, перспективные в отношении добычи полезных ископаемых. Следует отметить, что "Геодинамический проект" не подтвердил новую гипотезу глобальной тектоники. Остался целый ряд проблем, которые не удалось решить, опираясь на современные знания.

В 80-е годы ученые нескольких десятков стран совместно работают по проекту "Литосфера". Полное название нового проекта "Динамика и эволюция литосферы - основа для изучения природных ресурсов Земли и уменьшения ущерба от стихийных бедствий". В программу советских ученых по изучению литосферы входят как научные проблемы о твердой Земле, так и практические вопросы, от решения которых во многом зависит современное развитие человечества.

Литосфера дает мировой промышленности и сельскому хозяйству почти все необходимые виды минерального сырья. Как долго их хватит? Литосфера - фундамент для всех наших соору-

жений. Как долго она сможет без серьезных изменений выдерживать деятельность человека? Новый проект также продолжает изучение стихийных геологических бедствий, и прежде всего землетрясений и вулканических извержений.

По данной программе ученые проводят исследования главным образом на материках, где верхняя твердая оболочка Земли доступнее для исследования и, кроме того, изучена лучше, чем оболочка под океанами. На этих самых старых объектах геологических исследований будут проверяться и современные представления о глобальной тектонике.

Ученым, работающим по проекту "Литосфера", предстоит ответить на один из самых главных вопросов наук о Земле: чем вызваны различия между континентальной и океанической корой и литосферой и почему они сохраняются, несмотря на перемещения плит на большие расстояния. Предстоит измерить их смещения относительно друг друга, выявить силы, движущие их, лучше понять характер глубинных процессов, от которых зависит развитие литосферного слоя.

Одна из главных целей этого исследования — глубже понять процессы, приводящие к образованию многих видов полезных ископаемых. Не менее важная задача — повысить точность прогноза стихийных бедствий, в том числе землетрясений, извержений вулканов и т.д.

П. БОГАТСТВА ЗЕМЛИ НА СЛУЖБУ ЧЕЛОВЕКУ

Геология (греч. "ге" — земля, "логос" — учение) — это наука о строении, вещественном составе, закономерностях и истории развития литосферы и ее верхней оболочки — земной коры. Изучение состава и строения земных недр имеет не только научный, но и большой практический интерес: одна из основных задач геологии — выявление минеральных богатств, скрытых в недрах Земли. Природные минеральные богатства называются полезными ископаемыми. Они образуют в земной коре различные по величине скопления. Те из них, которые пригодны для промышленного освоения, называются месторождениями.

Различают следующие группы полезных ископаемых: топливно-энергетическое сырье, металлы, химическое и агрохимическое сырье, техническое и огнеупорное сырье.

С развитием материально-технических возможностей общества все большее число видов полезных ископаемых используется человеком. Это связано прежде всего с уровнем технологии их переработки. Поэтому понятие о том, что является полезным ископаемым, постоянно изменяется. Оно зависит от уровня развития науки и техники. Например, совершенствование минералогических методов помогает выявлять такие свойства минералов, которые могут найти применение в производственной деятельности человека. В результате нередко минералы, считавшиеся "бесполезными", становятся общеизвестными полезными ископаемыми. Так, недавно единственным источником бериллия был минерал берилл. Но несколько лет назад было установлено, что минерал фенакит более богат бериллием. Таких примеров можно привести множество.

Минералы

Химические элементы земной коры редко встречаются в самородном виде, чаще они образуют химические соединения, состоящие из двух или более химических элементов. Например, кварц (SiO_2) и магнетит (Fe_3O_4) представляют собой химические соединения, а золото и графит - самородные элементы.

Однородные по составу и строению природные химические соединения, или однородные элементы, возникшие в результате разнообразных физико-химических процессов, называются минералами. В настоящее время известно более 3 тысяч различных минералов и их разновидностей. Из них только 450 видов широко распространены в природе, а остальные виды встречаются редко. Каждый из минералов характеризуется какими-либо постоянными физическими и химическими свойствами или признаками. По ним данный минерал можно всегда отличить от других.

Большая часть минералов находится в природе в твердом состоянии. Известны также и жидкие минералы (вода, ртуть) и газообразные минералы (сероводород, метан и другие газы). Большинство твердых минералов встречается в природе в кристаллическом состоянии. Их элементарные частицы - атомы, ионы располагаются в строго определенном порядке, образуя кристаллические решетки. Кристаллы минералов имеют форму многогранников.

Характерными признаками минералов являются: кристалличе-

ская форма минерала, цвет минерала, цвет черты, блеск, твердость и некоторые другие.

Цвет обычно является постоянным признаком минерала. Но иногда один и тот же минерал бывает окрашен в различные цвета. Например, кварц бесцветен, но известны разновидности кварца, окрашенные в фиолетовый, золотистый, дымчатый и черный цвета. Такая окраска зависит от примесей.

Цветом черты минерала называется цвет следа, остающегося на поверхности специальной белой пластинки, оцарапанной каким-либо минералом. Обычно цвет черты совпадает с цветом самого минерала, но иногда между ними наблюдается резкое различие. Например, черный гематит (Fe_2O_3) имеет красную черту, а желтый пирит — черную.

Классификация минералов. Одна из распространенных классификаций минералов по химическому составу разработана советским академиком А.Г.Бетехтиным.

В ней все минералы неорганического происхождения подразделяются на несколько классов: самородные элементы, сернистые соединения (сульфиды), оксиды и гидроксиды, соли кислородных кислот (карбонаты, сульфаты, фосфаты, силикаты и др.), галогенные соединения.

Самородные элементы играют незначительную роль в строении земной коры. Это минералы, состоящие из одного химического элемента: золото, серебро, медь, платина, графит, алмаз, сера и др.

Сульфиды, или соединения различных элементов с серой, составляют около 0,15% земной коры по массе. Среди них имеется ряд важных минералов. Например, галенит (PbS) является важнейшей свинцовой рудой, сфалерит (ZnS_2) — рудой цинка; пирит (FeS_2) применяется для производства серной кислоты, а халькопирит ($CuFeS_2$) является одним из главных источников получения меди.

Оксиды и гидроксиды широко распространены в природе и составляют 17% массы земной коры. К их числу относятся, например, кварц, являющийся оксидом кремния (SiO_2) и входящий в состав очень многих горных пород. Ряд важнейших рудных минералов находится в земной коре в виде оксидов металлов, например касситерит (SnO_2) — руда олова, гематит (Fe_2O_3) — важная руда железа и др.

Карбонаты включают минералы, являющиеся солями угольной кислоты: кальцит, доломит, магнезит, малахит. Кальцит (CaCO_3) применяется в оптической и химической промышленности, строительстве и других областях. Магнезит (MgCO_3) – в строительстве и электротехнике.

К сульфатам – солям серной кислоты – относятся, например, гипс и мирабилит. Гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ используется в медицине, строительстве, цементной и бумажной промышленности. Мирабилит $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ применяется для изготовления соды, в медицине, для производства стекла и красителей.

Около 75% земной коры составляют силикаты (лат. "силициум" – кремний). Это наиболее важная группа: на ее долю приходится около трети всех известных в природе минералов.

Все силикаты построены как бы из мельчайших кирпичиков. Их главным структурным элементом является ионный четырехвалентный кремнекислородный тетраэдр $[\text{SiO}_4]^{4-}$. В его центре расположен ион кремния Si^{4+} , а в его вершинах – четыре иона кислорода O^{2-} . Тетраэдры соединяются друг с другом по определенным законам. В зависимости от характера связи образуются различные подклассы силикатов. Иногда в силикатном тетраэдре ион кремния замещается ионом алюминия Al^{3+} . Силикатные минералы, в которых происходит частично такая замена, называются алюмосиликатами.

Большое значение имеют такие группы силикатных минералов, как оливины $(\text{MgFe})_2 [\text{SiO}_4]$, пироксены $(\text{MgFe})_2 [\text{Si}_2\text{O}_6]$, слюды, полевые шпаты, водные силикаты.

Кольская сверхглубокая

Бурение скважин – один из методов исследования земной коры и основной способ геологической разведки полезных ископаемых.

-Сверхглубокое бурение, т.е. прямое проникновение в недра Земли, поможет решить вопросы глубинного строения и состава земной коры и верхней мантии, исследовать закономерности образования и размещения полезных ископаемых.

В 1970 году в Советском Союзе началось бурение уникальной скважины на Кольском полуострове, где на поверхность выходят древнейшие породы, которые в других местах Земли обычно скрыты толщами осадочных пород мощностью во много километров. Кольская

сверхглубокая скважина первоначально была рассчитана на глубину 10 км.

Предполагалось, что скважина глубиной 10 км пересечет весь "гранитный" слой и войдет в "базальтовый", который нигде в других местах не подходит так близко к земной поверхности и природа которого еще не ясна. Кольская скважина пробурена на севере СССР в суровых климатических условиях Заполярья. Она заложена на Балтийском кристаллическом щите, который является одним из древнейших образований земной коры. Начиная с поверхности и почти до глубины 7 км щит сложен протерозойскими породами возрастом свыше 2 млрд лет, а в нижней части - еще более древними архейскими породами возрастом свыше 3 млрд лет.

Пройдена часть пути. Впервые скважина прошла большое расстояние не в молодых осадочных образованиях, а в древнейших кристаллических породах.

4 апреля 1982 года скважина достигла глубины 11083 м. Следующий этап - глубина 13 км, а максимально скважина опустится на глубину 15 км.

Скважина уже дала геологии значительный фактический материал. Многие гипотезы и первоначальные расчеты не подтвердились. Раньше считалось, что на больших глубинах из-за уплотнения горных пород скорость сейсмических волн растет. Это не подтвердилось: на семикилометровой глубине сейсмические волны движутся медленнее, чем в приповерхностных слоях.

Не подтвердилась и гипотеза о распределении температуры. Предполагалось, что в древних кристаллических образованиях температура недр с глубиной повышается: каждые 100 м на один градус. Так было до глубины 2000 м. А ниже температура росла гораздо быстрее. По расчетам на глубине 7 км температура должна была быть 320-333°K, а оказалось 393°K.

Неожиданностью стали находки в поднятом на поверхность керновом материале окаменевших остатков живых организмов, которые жили около 2 млрд лет назад. Эти неожиданные находки позволяют сделать вывод о том, что жизнь на Земле возникла гораздо раньше, чем до сих пор предполагали.

О богатствах Мирового океана

Роль Мирового океана в жизни человечества стремительно возрастает. Все большее значение приобретает использование

твердых и жидких полезных ископаемых океана, получение пресной воды и солей из морской воды, использование энергии приливов и волн для выработки электроэнергии.

До недавнего времени практически все минеральные вещества — нефть, уголь, металлы, сырье для химической и строительной промышленности извлекались исключительно из недр континента. В связи с уменьшением их запасов на суше все более активной становится проблема освоения минеральных ресурсов дна морей и океанов.

По подсчетам ученых в шельфовой зоне под дном Мирового океана сосредоточено не менее трети мировых запасов нефти. (Шельф — материковая отмель, простирающаяся от берега до глубины 200 м). В настоящее время основную часть нефти, добываемой из морских месторождений, получают в Венесуэле, Персидском и Мексиканском заливах. Уникален по нефтегазоносности Персидский залив: из 14 супергигантских месторождений мира более половины расположено в этом заливе. Нефть добывается также у берегов Калифорнии, Аляски, в дельте Нигера и других районах мира. В СССР в 1947 г. в районе г. Баку началось освоение известного морского месторождения "Нефтяные камни". Доля нефти, добываемой в Мировом океане, растет. Предполагается, что к 2000 году она составит не менее 45%.

Интересны практические методы добычи полезных ископаемых в Мировом океане. Так, в недрах Мексиканского залива, в 11 км от берега обнаружено крупное месторождение серы. Добыча серы и соли ведется методом закачки горячей воды под давлением в серосодный и соленосный пласт и вывода расплавленной серы и соли на поверхность по трубам.

Дно океана богато твердыми полезными ископаемыми. На дне океана можно реально добывать в больших количествах марганец, железо, медь, свинец, цинк, хром, никель, кобальт. Значительная часть металлов сосредоточена в специфических океанических рудных образованиях, так называемых железомарганцевых конкрециях. Конкреции представляют собой минеральные тела, образованные в результате стягивания вокруг твердых центров (раковин, костей) растворенных в воде разл. чных элементов. Конкреции имеют округлую форму (похожи на картофелины) и размеры от 1 до 20 см в диаметре. Химический анализ показал, что они содержат марганец, железо, никель, кобальт, медь, молибден и др.

Конкреции обнаружены на глубинах от 20 м до 8 тыс. метров, но чаще всего распространены на глубинах 3500–5500 м. Широкое распространение железомарганцевых конкреций установлено на огромных площадях Тихого, Атлантического и Индийского океанов. Подсчеты показали, что, например, в восточной части Тихого океана на квадратном километре имеется около 11,5 тыс. т конкреций; конкреции можно считать рудами будущего.

Развитие современных технических средств создало возможность экономически выгодно разрабатывать месторождения ряда полезных ископаемых в прибрежных частях мира на глубинах до 100–200 м и более. Дальнейшее развитие техники существенно приблизит возможности освоения минеральных ресурсов Мирового океана.

Большую роль в получении минерального сырья могут играть и сами воды Мирового океана. В них содержатся почти все известные в природе элементы. В океанах сосредоточено около $5 \cdot 10^{16}$ т минеральных веществ. Если извлечь все соли, находящиеся в водах океанов, и равномерно распределить их на континентах, то толщина такого слоя составит более 150–200 м. В одном кубическом километре морской воды содержатся: $28 \cdot 10^6$ т поваренной соли, $1,3 \cdot 10^6$ т магния, $3,1 \cdot 10^6$ т магния, $3,1 \cdot 10^4$ т бора, 300 т брома, 79 т меди, 11 т урана и целый ряд некоторых соединений элементов.

Уже много тысячелетий назад выпаривали из морской воды поваренную соль. И в наши дни 1/3 мировой добычи поваренной соли ведется этим методом. В настоящее время из морской воды в промышленных масштабах добывают 4 элемента – натрий, хлор, бром и магний. Причем океан дает примерно 90% мировой продукции брома и 60% магния.

Мировой океан занимает более двух третей поверхности Земли – самой водной планеты Солнечной системы. Но вся эта вода – соленая, морская, а 30 млн куб. км пресной воды составляют лишь 2% от общего количества воды, покрывающей земной шар. Причем большая часть из этих двух процентов представляет собой лед. Свободная пресная вода, которая находится в постоянном круговороте, составляет всего лишь 500 тыс. куб. км. Конечно, этого недостаточно, если учесть, что население Земли непрерывно растет. Возрастают и потребности в воде промышленности и сельского хозяйства. В настоящее время одна треть насе-

ления Земли уже испытывает недостаток в воде. Дефицит пресной воды настолько ощутим, что ООН объявила 1981–1990 гг. десятилетием питьевой воды.

Можно ли использовать морскую воду? Методы опреснения морской воды известны. Основная причина, тормозящая распространение опреснительных установок, — высокая себестоимость каждого получаемого кубометра пресной воды, что определяется в первую очередь большими затратами электроэнергии на процесс опреснения. Кроме того, существуют и серьезные проблемы экологического характера, связанные с технологией процесса опреснения. Тем не менее уже сейчас многие крупные города, промышленные предприятия разных стран мира и даже отдельные страны в районе Персидского залива обеспечиваются опресненной морской водой. Объемы опреснения морской воды растут. Если в 1981 году опреснялось 7 млн м³ воды в сутки, то предполагается, что в период 1990–2000 гг. мировые объемы опреснения достигнут 50 млн м³ в сутки.

Что же нужно для того, чтобы ускорить освоение человеком богатств Мирового океана? Прежде всего, дальнейшее развитие техники. С другой стороны, необходимо резко расширить научно-исследовательские работы в океане. Крупнейшим событием в геологии Земли в последние десятилетия было бурение дна океана и морей на глубинах до 5–7 тыс. метров. Решена сложнейшая техническая задача. Активное участие в работах по глубоководному бурению принимает и СССР. Сейчас многие буровые исследования в океане ведутся по международной программе. Исследования охватили все океаны от Арктики до Антарктиды. За последние десятилетия человек проник не только в космос, но и в глубины океана и этим обеспечил себе новые, хотя еще и не во всем ясные перспективы развития на многие сотни лет.

Гелиевый воздух

Воздух, в котором весь азот или большая часть его заменена гелием, называют гелиевым воздухом. Он широко используется на земле, под землей и под водой.

Гелиевый воздух втрое легче и намного подвижнее обычного воздуха. В организме человека гелиевый воздух быстрее дает кислород и выводит углекислый газ. Поэтому его часто используют в больницах.

Все хорошо знают, что водолазы, которые долго работают

на большой глубине под водой, не могут быстро подниматься на поверхность. Это связано с тем, что большое давление, которое испытывает водолаз на большой глубине, способствует повышению растворимости азота в крови. Когда же водолаз начинает подниматься, давление падает и азот в виде пузырьков газа начинает выделяться из крови. Пузырьки азота могут закрыть кровеносные сосуды или повредить нервные узлы. Это явление называется азотной эмболией или кессонной болезнью. В отличие от азота гелий практически нерастворим в жидкостях организма, поэтому он не может быть причиной кессонной болезни. К тому же гелиевый воздух не вызывает "азотного наркоза", похожего на алкогольное опьянение.

Люди со временем должны будут научиться подолгу жить и работать на морском дне, чтобы получать из моря минеральные и пищевые ресурсы. И в этом им поможет гелиевый воздух.

Ученые считают, что гелиевый воздух является оптимальным для космических кораблей, совершающих длительные полеты.

Титан

Химики XIX века считали титан (Ti) чрезвычайно редким и поэтому абсолютно непригодным для использования металлом. Однако в первой половине нашего столетия научные поиски в геологии и геохимии показали, что титан не такой уж редкий металл. Были открыты многие минералы, содержащие титан. В настоящее время ученые ставят титан на девятое место по распространенности в земной коре (после O , Si , Al , Fe , Ca , Na , Mg , K). Доля титана в земной коре составляет 0,6% по массе. Содержание оксида титана TiO_2 в рудах составляет от 0,5 до 35%.

Титан содержится и в органической природе: в растениях, в животных организмах, в молоке, в куриных яйцах. Так, в организме человека содержится около 20 мг титана. Вот каким распространенным оказался редкий титан!

Широкая распространенность металла, естественно, породила интерес к изучению его свойств. Было установлено, что этот светло-серый металл обладает поистине уникальным сочетанием свойств. Титан (плотность 4,6) почти вдвое легче железа и всего лишь в полтора раза тяжелее алюминия. За это свойство титан относят, так же как и алюминий, к легким металлам.

Небольшая плотность металла, как правило, связана с невысокой прочностью. Например, алюминий в три раза легче стали и в несколько раз менее прочен. А титан, имея небольшую плотность, в полтора раза превосходит сталь по прочности, и при этом плавится при более высокой температуре 1670° ! Поэтому о титане говорят: "Прочный, как сталь, и легкий, как алюминий".

Титан активно вступает в реакции, и его металлические свойства ярко выражены. Уже при обычных температурах он легко окисляется и покрывается пленкой оксида, что обеспечивает чрезвычайно высокую стойкость титана к коррозии. Пленка толщиной всего 10^{-9} - 10^{-10} мм прочно связана с основным металлом и защищает его от агрессивной среды. По этой причине титан стоек к холодной и горячей воде, к растворам большинства солей и кислот.

В титане сочетаются свойства многих ценных металлических материалов: высокая коррозионная стойкость, высокая удельная прочность (отношение прочности к плотности), парамагнитность, хорошие пластичность и обрабатываемость в холодном и горячем состоянии, свариваемость.

О свойствах титана вспомнили лишь в 40-х годах XX века, когда бурно развивающуюся авиацию уже не удовлетворяли различные стали. Требовалось создание новых материалов. Самолеты с поршневыми двигателями к тому времени уже достигли пределов в скорости, дальности и высотности полета. Начали разрабатываться реактивные самолеты. Основное требование реактивной техники заключалось в обеспечении надежности конструкций аппаратов при максимальной скорости полета. Нужно было уменьшить массу самолетов без ухудшения прочностных характеристик их деталей. Высокая удельная прочность титана могла обеспечить надежность конструкции самолетов и их легкость. Так возник вопрос о необходимости промышленного производства титана.

Итак, производство титана возникло благодаря реактивному самолетостроению, но и в наши дни титан продолжает оставаться преимущественно "крылатым" металлом. Причем, если раньше титан применяли исключительно для ответственных элементов авиационных двигателей, то сейчас и сами конструкции самолетов изготавливаются с применением сплавов титана. Объясняется

такой интерес авиастроителей к титану очень просто: замена стальных деталей титановыми дает экономию в массе на 30-40%. А снижение массы — это скорость, высота, дальность полета. Конечно, в некоторых случаях стальные детали заменяют алюминиевыми сплавами. Но с ростом скорости (а особенно у сверхзвуковых самолетов) температура обшивки самолетов достигает нескольких сот градусов. Летчик может наблюдать, как некоторые детали при полете накаляются докрасна. При скорости самолета 4000 км/ч температура обшивки составляет 380-580°C. Тут уж никакой алюминиевый сплав не выдержит. А сплавы титана выдерживают!

Именно поэтому современные самолеты создаются с обязательным применением титановых сплавов. В настоящее время 30% массы каждого самолета — это титановые сплавы. Но уже испытываются самолеты, в которых титана 60, 80 и даже 95%. Такие же причины обеспечивают использование титана для создания ракет и космических кораблей.

Титан вторгается и во многие другие области. Уже используются титановые детали в производстве автомобилей, а лучшие марки гоночных автомобилей практически целиком сделаны из титана — легкие и высоконадежные! Из титана делают и подводные аппараты: высокая удельная прочность и коррозионная стойкость обеспечивают этим аппаратам большую, чем обычным стальным, глубину погружения. Уникальная стойкость титана в морской воде дает возможность вообще широко применять его в судостроении.

Титан применяют и для легирования сталей в металлургии, он улучшает их структуру и многие свойства (прочность, коррозионную стойкость). Для защиты от коррозии многие важные стальные детали покрывают тонким слоем титана. Все шире применяется титан и в химическом машиностроении.

Редкое свойство титана — хладостойкость. Благодаря этому свойству титан используется как конструкционный материал на Крайнем Севере. Ведь железо — основа сталей — становится хрупким уже при температуре ниже -40°C. А серийные титановые сплавы выдерживают температуру до -196°C! Такие свойства делают их пригодными не только в условиях северной природы, но и в специальных холодильных машинах.

Не отстают по своему применению от чистого титана и его сплавы.

В авиастроении и ракетостроении конкурентов у титана нет, он оказался незаменимым. А вот в земных областях применение титана, его сплавов и соединения все еще ограничивается их относительно высокой стоимостью. Ведь титан пока еще в 2,5-3 раза дороже нержавеющей стали.

Многие видели прекрасный памятник покорителям космоса около ВДНХ СССР - взметнувшаяся в небо серебристая ракета. Но не всем известно, что этот памятник целиком изготовлен из титана.

Архитекторы предложили изготовить монумент из титана, потому что титан не подвержен атмосферной коррозии и поэтому всегда будет сверкающим и серебристым. Но есть в этом и другой смысл. Ведь из сплавов титана создаются современные реактивные двигатели, самолеты, ракеты, космические корабли, орбитальные станции, а значит, это памятник и самому "космическому металлу" - титану.

Литий

Литий (Li) легок, он почти вдвое легче воды. Литий обладает ярким металлическим блеском. Но этот серебристо-белый блеск лития можно увидеть только в том случае, если его получают в вакууме: как и все щелочные металлы, литий быстро окисляется кислородом воздуха и превращается в оксид - бесцветные кристаллы кубической формы. Li_2O легко соединяется с водой, превращаясь в щелочь - LiOH - бесцветные кристаллы.

Литий стал эффективным средством для удаления из расплавленных металлов растворенных в них газов. Небольшими добавками лития легируют чугун, бронзу, а также сплавы на основе магния, алюминия, цинка, свинца и некоторых других металлов.

Соединения лития нужны и в силикатной промышленности. Они делают стеклянную массу более вязкой, что упрощает технологию, и придают стеклу большую прочность и сопротивляемость атмосферной коррозии. Такие стекла, в отличие от обычных, частично пропускают ультрафиолетовые лучи; поэтому их применяют в телевизионной технике. А в производстве оптических приборов используют кристаллы фтористого лития, прозрачные для ультракоротких волн длиной до $1000 \text{ \AA}$.

В 50-е годы литий стал "атомным" металлом, и его произ-

водство резко возросло. Литий стали использовать в ядерных реакторах в качестве теплоносителя вместо использовавшихся ранее натрия и калия. Для этой роли у лития есть несколько преимуществ: он легче натрия и калия, у него больше теплоемкость и меньше вязкость, диапазон жидкого состояния, т.е. разница между температурами плавления и кипения у лития значительно шире, а коррозионная активность лития намного меньше, чем натрия и калия.

Но литий не только является прекрасным теплоносителем. Он является одним из незаменимых участников реакции термоядерного синтеза.

Уже давно было известно, что при реакции соединения ядер тяжелых изотопов водорода — дейтерия и трития, должна высвободиться энергия, во много раз большая, чем при распаде ядер урана. Но здесь было одно, казалось, неразрешимое противоречие.

Для того, чтобы смогли слиться ядра дейтерия и трития, нужна температура 50 млн градусов. Но для того, чтобы реакция пошла, нужно еще, чтобы атомы столкнулись. Вероятность такого столкновения (и последующего слияния) тем больше, чем плотнее расположены атомы в веществе. Расчеты показали, что это возможно только в том случае, если вещество находится хотя бы в жидком состоянии. А изотопы водорода становятся жидкими при температурах, близких к абсолютному нулю.

Итак, с одной стороны, необходимы сверхвысокие температуры, а с другой — сверхнизкие. И это — в одном и том же веществе, в одном и том же физическом теле!

И это стало возможным благодаря дейтерату лития-6. Это соединение тяжелого изотопа водорода — дейтерия и изотопа лития с массовым числом 6.

Дейтерит лития-6 — твердое вещество, и это позволяет хранить дейтерий при плюсовых температурах, а второй его компонент — литий-6 — это сырье для получения самого дефицитного изотопа водорода — трития. ${}^6_3\text{Li}$ — единственный промышленный источник получения трития: ${}^6_3\text{Li} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^3_1\text{H} + {}^4_2\text{He}$.

Нейтроны для этой ядерной реакции и температуру 50 млн градусов дает атомный "капсоль".

Для атомной техники важно еще одно соединение лития — ${}^7_3\text{LiF}$. Оно применяется для растворения соединений урана и тория непосредственно в реакторах.

Как теплоноситель в реакторах применяется литий-7.

По значимости в современной технике литий является одним из важнейших редких элементов.

Бор

Было время, когда считалось, что для промышленности бор не представляет интереса. Лишь в последние десятилетия бор стал элементом первостепенной важности: и сам бор и его соединения необходимы атомной и ракетной технике, металлургии, химической и многим другим отраслям промышленности и техники.

Бор и многие его соединения вошли в число важнейших материалов современной техники благодаря сочетанию целого ряда полезных свойств. Бор прочен, термостоек, тверд. По твердости кристаллический бор (*АС В₁₂*) занимает второе место среди всех элементов, уступая лишь углероду в виде алмаза.

Для обработки твердых сплавов применяют карбид бора B_4C , потому что по твердости карбид бора превосходит почти все кристаллы, кроме алмаза. С повышением температуры свойства карбида бора почти не меняются, а плавится он лишь при $2350^{\circ}C$. При температуре ниже $1000^{\circ}C$ это вещество обладает исключительной химической стойкостью: в этих условиях на него не действуют ни кислород, ни хлор. Это значит, что инструмент из карбида бора может работать при высоких температурах в окислительных средах.

Причины сочетания ценных физико-механических и химических свойств этого вещества объясняются строением атома бора и кристаллической структурой карбида бора. В атоме бора вокруг ядра вращаются пять электронов, из них три на наружной оболочке. Два из этих электронов составляют пару, а третий — неспаренный. По законам квантовой механики неспаренный электрон всегда стремится найти себе пару, а найти ее он может только в другом атоме. В результате образуются ковалентные связи, при которых электроны двух или нескольких атомов образуют общее электронное облако.

Ковалентная связь — самая прочная из всех видов химической связи.

Поэтому карбид бора и тверд, и прочен, и химически неуязвим, и термически стоек.

Подобным образом построены и кристаллы многих боридов, причем ковалентной связью иногда соединяются атомы бора с металлами. Самый твердостойкий из всех боридов — диборид гафния HfB_2 , который плавится только при температуре $3250^{\circ}C$. Самый химически стойкий из боридов — диборид тантала TaB_2 . На него не действуют никакие кислоты.

Соединение бора с азотом (BN) называют белым графитом и применяют в качестве твердой высокотемпературной смазки.

При температуре $1350^{\circ}C$ и давлении 62 тыс. атмосфер из белого графита удалось получить кристаллы неопределенного цвета. Эти кристаллы нитрида бора царапают даже алмаз. Правда и алмаз оставляет царапины на кристаллах нитрида бора.

Эти кристаллы называли боразоном. Хотя твердость алмаза и боразона одинакова, боразон имеет два очень значимых для техники преимущества. Во-первых, боразон более термостоек: он разлагается при температуре выше $2000^{\circ}C$, алмаз же загорается при $700-800^{\circ}C$. Во-вторых, боразон лучше, чем алмаз, противостоит действию удара — он не так хрупок.

Долгое время мало кто из химиков занимался соединениями бора с водородом. Бороводороды (или бораны) нестойки, ядовиты, имеют очень неприятный запах и странное строение.

Но в конце 40-х — начале 50-х годов во многих странах стали усиленно заниматься химией бороводородов и их производных. Все дело в том, что дальность и скорость полета летательных аппаратов во многом зависит от теплоты сгорания применяемого горючего. Теплота сгорания любого углеводородного топлива не превышает 10,5 тыс. ккал/кг, потому что теплотворная способность самого углерода сравнительно невелика — 7800 ккал/кг.

Замена углерода более "калорийными" элементами позволяет получать топливо со значительно лучшими энергетическими характеристиками. Теплота сгорания бора (14170 ккал/кг) почти вдвое больше, чем углерода. И замена углеводородного топлива бороводородным может дать очень хороший результат.

Композиты

"Железный век", "бронзовый век"... Вполне возможно, что наше столетие будет названо "веком стали". Однако в последние годы появилась целая группа новых конструкционных мате-

риалов, с которыми не сравнятся по свойствам ни лучшие сорта стали, ни алюминиевые сплавы.

Все современные разработки новых материалов и технологические методы их получения и обработки опираются на ряд фундаментальных научных открытий, которые были сделаны в XX столетии и особенно – в последние 40 лет.

Главное достижение науки состояло в том, что ей удалось установить взаимосвязь между внешне проявляющимися свойствами материалов и их внутренним строением, благодаря чему появилась возможность получить материалы с заданными свойствами, то есть такие материалы, которые удовлетворяют конкретным требованиям. К группе новых материалов относятся керамические материалы, полупроводники, а также композиты, о которых и пойдет речь.

Еще много лет назад физики определили теоретическую прочность кристаллических тел примерно 1 000 килограммов на один квадратный миллиметр. Практически же, несмотря на все старания ученых, прочность стали достигла лишь четверти этой величины и дальше растет по затухающей кривой. Такая же тенденция характерна для всех металлических сплавов.

Это связано прежде всего с тем, что в кристаллических телах присутствует огромное количество мельчайших дефектов, которые можно обнаружить лишь с помощью современных электронных микроскопов. Эти дефекты называют дислокациями. Даже в очень небольшом объеме металла или сплава число дислокаций достигает многих миллиардов. Именно эти дислокации и не позволяют ученым приблизиться к теоретической прочности.

Исследования показали, что кристаллы без дислокаций можно получить только в виде волокон, пленок, иголок с очень тонкими сечениями. При этом оказалось, что максимальной удельной прочностью обладают не стальные волокна, а тончайшие волокна углерода. Уже получены волокна углерода, которые в пять раз легче стали и в три раза прочнее лучших ее сплавов. Значительно выше у них и другой важнейший показатель – модуль упругости, который обеспечивает устойчивость материала при воздействии сжимающих напряжений.

Для получения композиционного материала волокна нужно связать воедино специальным связующим веществом. Волокно плюс связующее вещество составляют ту или иную композицию, отсюда и название – композиционный материал. Используя различные воло-

на и связующие компоненты, конструктор композита может получить материал с совершенно новыми свойствами. Работы по созданию композитов ведутся во всем мире. Волокна делают из карбида кремния (SiC), оксида алюминия, стекла, бора и многих других, в том числе и органических веществ; используя определенную технологию, волокна погружают в связующие вещества. От состава связующего компонента зависит температура, при которой будет успешно работать материал. Полимерные композиты выдерживают до двухсот градусов Цельсия — эти материалы сейчас применяют особенно широко. Металлические связующие компоненты обеспечивают работу при температурах до пятисот градусов, а керамические — свыше тысячи. А волокна углерода, помещенные в углеродное же связующее вещество, выдерживают более 2000 градусов.

Композиционные материалы могут превосходить традиционные однородные материалы по механическим и физическим свойствам, в частности, по таким показателям, как отношение прочности и жесткости к плотности, предел прочности и модуль упругости, усталостная прочность, ударная вязкость, теплостойкость.

Композиционные материалы коренным образом изменят в будущем способы производства. Чтобы получить изделие или деталь из стали, приходится добывать железную руду, перерабатывать эти заготовки, теряя при этом часть материала, идущего в отходы, на стружку. В технологии получения изделий из композитов значительное место займет производство волокон, тканей из волокон, являющихся основой композитов, т.е. процесс ткачества. Волокна в каркасах будущих изделий можно будет распределять с учетом направлений и величин направлений нагрузок, которые будет испытывать будущая деталь. Появится возможность полностью автоматизировать производство: расчеты по размещению волокон, управление их плетением и пропиткой каркасов связующим веществом смогут выполнять электронно-вычислительные машины. Такое производство в полной мере будет отвечать научно-техническому уровню конца нынешнего столетия и более отдаленного будущего.

Где же будут применяться композиционные материалы? В первую очередь — в авиационно-космической технике. Уменьшение массы корпуса летательного аппарата может привести к увеличению полезного груза, скорости и дальности полета, к снижению

расходов на производство самолетов. Зарубежные специалисты предполагают, что к концу века дозвуковые самолеты будут состоять из композитов на 30–40%, а сверхзвуковые – более чем наполовину. Не менее перспективно применение композитов в машиностроении, в строительстве и в других областях.

Преимущество новых материалов: композитов, керамических материалов, полупроводников столь очевидно, что металлические материалы уступают им свои традиционные области применения одну за другой. Нет сомнений в том, что области материаловедения и технологии материалов находятся в настоящее время на стадии революционных перемен, что уже позволило создать немало перспективных материалов, о которых несколько десятилетий назад было трудно даже мечтать.

Высокотемпературные проводники стали реальностью

Действительно, на наших глазах произошло событие, выходящее далеко за пределы собственно физики – свершилось открытие революционной значимости – получен, наконец, высокотемпературный сверхпроводник! Три четверти века ученые шли к этому открытию, шли поиски таких веществ.

А началось это в 1911 г., когда голландский ученый Г.Камерлинг Оннес, исследуя тепловые, электрические и магнитные свойства различных веществ при температуре близкой к абсолютному нулю, неожиданно столкнулся с поразительным эффектом, который не был предусмотрен ни одной физической теорией (абсолютный нуль по шкале Кельвина – это минус 273,1⁰градуса по Цельсию). Исследуя сопротивление ртути при охлаждении, он поместил ее в жидкий гелий (4,2⁰K) и вдруг обнаружил: сопротивление электрическому току исчезло! Ток шел без потерь! Возбужденный в замкнутом контуре из таких металлов электрический ток мог протекать без потерь дни, месяцы и даже годы. При повышении температуры до определенного, критического для каждого вещества значения это явление скачкообразно исчезает, и в веществе устанавливается обычная электрическая проводимость (сопротивление). Это новое явление и было названо сверхпроводимостью.

Возможность передавать электрическую энергию любой мощности на огромные расстояния без присущих обычным проводникам больших потерь на преодоление сопротивления заставила ученых

заняться исследованием самого феноменального явления и упорными поисками материалов и веществ, обладающих сверхпроводимостью.

Теоретики, и среди них советский академик В.Л.Гинзбург, предсказывали, что сверхпроводимость должна существовать и при более высоких температурах, чем температура жидкого гелия. Необходимо было найти такие вещества, которые обладают сверхпроводимостью, например, при температуре широко применяемого в промышленности жидкого азота (77°K): охлаждение жидким гелием слишком дорого для широкого применения. Но это была мечта. И сегодня мечта стала реальностью.

В конце 1986 года в Швейцарии, США, Японии удалось создать металлокерамический материал, обладающий сверхпроводимостью при температуре 36–38 градусов Кельвина. Этот результат затем очень быстро получили во многих советских лабораториях. А совсем недавно в десятках лабораторий мира, в том числе и в лаборатории Физического института имени П.Н.Лебедева АН СССР, получены новые сверхпроводники при температуре более 90°K . Такое охлаждение может обеспечить жидкий азот (77°K), и это уже настоящая революция. Действительно, дешевизна и доступность жидкого азота, который в огромных количествах производится криогенной промышленностью из воздуха, открывает фантастические перспективы.

Высокотемпературные сверхпроводники способны радикально преобразовать технику и энергетику, а значит, и экономику. Передача энергии без потерь на огромные расстояния – это переворот в электротехнике! Если это осуществится, то окажутся ненужными высоковольтные линии электропередач и сложные трансформаторные подстанции. С помощью сверхпроводников можно существенно поднять мощность электрических машин и заметно уменьшить размеры электрических устройств. Для судостроения это может иметь революционизирующее значение – изменятся сами концепции проектирования кораблей с электродвигателями. И вообще транспорт, по-видимому, радикально преобразится. Решится проблема создания транспорта на воздушной "подушке", летящего по рельсам со скоростью самолета. Можно будет создать сверхъемкие аккумуляторы, которые будут хранить энергию практически вечно.

Все это и многие другие не менее фантастические вещи

станут реальностью благодаря высокотемпературным сверхпроводникам. Правда, все это пока еще дело далекого будущего, сегодня это лишь фантазии, хотя и основанные на реальности. Конечно, еще потребуются исследования, конструкторские разработки. Не все, конечно, осуществится, о чем мечтают сейчас ученые, но зато появится что-нибудь неожиданное. И поэтому работы по сверхпроводимости сейчас разворачиваются широким фронтом во всем мире.

III. ЧЕЛОВЕК И ПРИРОДА

Природа в жизни человека – это первоисточник материальных благ, источник здоровья, радости и духовного богатства. Бурный рост науки и техники делает особенно актуальной вечную проблему отношений между человеком и природой. Анализируя сложившееся положение и исследуя дальнейшие тенденции развития общества, ученые пришли к выводу о возможности наступления в недалеком будущем экологического кризиса, т.е. резкого, катастрофического изменения природной среды, в результате чего человечество может погибнуть полностью или в основной своей массе.

В настоящее время приходится признать реальность угрозы экологического кризиса. В последние десятилетия в связи с резким усилением технического могущества человечества возросли масштабы производственной деятельности людей. Об этом говорят такие цифры: 100 лет назад человечеством было освоено только 0,3 км толщи земной коры, а сейчас этот показатель превышает 10 км; 100 лет назад человеком использовались не более 20 элементов таблицы Менделеева, а в наши дни – уже 94–96 элементов. Люди производят огромное количество новых веществ, которые раньше никогда не существовали в природе. К сожалению, воздействие человека на природу пока что во многих случаях носит стихийный, неконтролируемый характер. В результате стало нередким катастрофическое загрязнение атмосферы, суши, рек, морей и океанов, истощение природных ресурсов, нарушение биологического равновесия природной среды.

Именно поэтому перед учеными, перед правительствами разных стран Земли стоит задача огромной важности – защитить природу, предотвратить наступление экологического кризиса.

С точки зрения естественных наук, мы — часть Вселенной и подчиняемся действующим во Вселенной физическим и другим закономерностям. Не только целый ряд условий нашей жизни, но и само существование земной цивилизации во многом зависят от того, что представляет собой наша Вселенная, как она развивается, какие физические законы в ней действуют, какие физические процессы в ней протекают.

Конечно, прежде всего человек сталкивается с теми условиями, которые окружают его на Земле. Он не только обитает в этих условиях в течение тысячелетий, но вся практическая деятельность человечества на протяжении очень долгого времени была ограничена лишь земными рамками. Однако в XX веке, особенно во второй его половине, ситуация существенно изменилась.

В конце 50-х годов произошло величайшее событие в истории человечества — выход его за пределы Земли, в космос. Первый советский искусственный спутник Земли, выведенный на орбиту в октябре 1957 года, открыл людям путь во Вселенную.

Выход человека в космос, развитие космических полетов — это не просто величайшее достижение человеческого разума, науки и техники. Это начало освоения человеком новой среды обитания! Точнее говоря, непосредственного освоения. Потому что, если задуматься, космос, Вселенная всегда были средой нашего обитания.

Осваивая космос, человек вступает в особый мир, где все непохоже на земное, где и окружающая обстановка, и физические условия, и даже характер движения всех предметов и самого человека иные, чем на Земле.

Мир космоса — это температуры в сотни миллионов градусов, давление в десятки миллионов атмосфер, сверхгигантские плотности в сотни миллионов и миллиарды тонн в кубическом сантиметре. Огромные энергии, сравнимые с энергией термоядерного заряда с массой, равной массе десятков тысяч солнц. Космический вакуум. Вот далеко не полный перечень тех условий и состояний, которые реально существуют во Вселенной.

Полеты в космос и перспектива освоения небесных тел привели к возникновению новой отрасли биологической науки — космической биологии. Эта отрасль впервые возникла в Советском Союзе благодаря успешным запускам космических ракет и кораблей с живыми существами и человеком. Космическая биология — дисциплина, изучающая действие факторов мирового пространства на живые организмы Земли и формы жизни на других планетах. К числу наиболее важных проблем космической биологии относится изыскание средств, обеспечивающих нормальную жизнедеятельность земных организмов в условиях космического полета.

В верхних слоях атмосферы и за ее пределами организмы подвергаются действию множества необычных для поверхности Земли и крайне неблагоприятных внешних условий. Космическое пространство характеризуется наличием ничтожно малого барометрического давления, отсутствием молекулярного кислорода, высокой интенсивностью радиации. При полете в космических кораблях организмы подвергаются действию повышенных ускорений (перегрузок) и состоянию невесомости.

Условия, нарушающие жизнедеятельность, появляются еще в атмосфере. На высоте 15 000 м барометрическое давление падает до 87 мм рт.ст. и дыхание высших животных и человека становится невозможным. При достижении высоты 19 200 м при температуре 37°C в организме начинается кипение жидкостей. На уровне 36 000–40 000 м проявляется поражающее действие космического излучения, а на высоте 42 000–45 000 м к этому присоединяется интенсивное ультрафиолетовое излучение. Кабина космического корабля конструируется с учетом необходимости возможно более полного устранения этих факторов.

Наиболее трудно разработать эффективные средства защиты от космических лучей, обладающих высокой проникающей способностью, и поэтому частично попадающих внутрь корабля. Космические лучи, воздействуя на организм, легко проникают через ткани и вызывают ионизацию. Действуя на имеющиеся в организме молекулы воды, они вызывают образование ионов, свободных радикалов и перекисей, которые в свою очередь воздействуют на биологический субстрат, нарушая обменные процессы в организме. При недостаточной защите организма космическое ионизирующее излучение вызывает лучевую болезнь.

Важным фактором, воздействующим на организм человека при космических полетах, является повышенное ускорение (перегрузки). Чтобы космический корабль вышел на орбиту, он должен достигнуть скорости 8 км/с. Когда ракета, запускаемая с Земли, набирает эту скорость, организм испытывает действие перегрузок, определяющихся силой земного тяготения. Установлено, что растения и беспозвоночные животные способны выносить перегрузки, в тысячи раз превышающие силу земного тяготения. Но млекопитающие и особенно человек гораздо более чувствительны к ним. Тем не менее полеты космонавтов доказали, что здоровый, специально натренированный человек удовлетворительно переносит действие перегрузок в течение срока, достаточного для вывода корабля на орбиту.

К числу наиболее интересных факторов, воздействующих на организм при космических полетах, относится невесомость. На Земле состояние невесомости может быть достигнуто только кратковременно и в искусственных условиях. Изучение физиологического действия невесомости как принципиально нового фактора внешней среды, не встречающегося в земных условиях, имеет огромный теоретический и практический интерес. В состоянии невесомости головной мозг не получает обычной сигнализации от органов, воспринимающих силу земного тяготения (вестибулярный аппарат уха и др.), что может отразиться на функциях головного мозга, органов кровообращения и других органов и систем. Последние достижения советской космонавтики, связанные с длительным пребыванием человека в космосе, подтверждают, что организм человека способен компенсировать выключение вестибулярного аппарата и длительно переносить состояние невесомости без нарушения жизнедеятельности.

Нужно отметить, что космическая биология в своем развитии сделала только первые шаги. Перед этой наукой стоит еще множество нерешенных проблем.

Солнце

написано VII

Когда-то люди обожествляли Солнце. Но теперь оно стало объектом точных исследований, и мы редко думаем о том, что само наше существование целиком и полностью зависит от происходящих на нем процессов.

Размеры Солнца огромны по сравнению с земными. Его диа-

метр равен примерно 1400 тыс. км ($1,392 \cdot 10^9$ м), т.е. в 110 раз превышает диаметр Земли. Масса Солнца $2 \cdot 10^{27}$ т, что соответствует 333 343 массам Земли. Если бы Солнце ежесекундно теряло по 1 млрд тонн своей массы, то и в этом случае половину своей массы оно потеряло бы только через 30 млрд лет. Благодаря своей огромной массе и, следовательно, большой силе тяготения Солнце удерживает на разных расстояниях от себя десять больших планет, несколько тысяч маленьких (так называемых астероидов), множество комет и множество других, более мелких небесных тел, образующих единую Солнечную систему. Солнце находится от Земли на расстоянии равном в среднем $1,4960 \cdot 10^{11}$ м. Свет проходит это расстояние за 8 минут. Если бы звук мог распространяться через космическое пространство (вакуум), то расстояние от Солнца до Земли он преодолел бы за 14 лет.

Основную массу Солнца (более 70%) составляют ядра водорода — протоны, вступающие между собой в так называемую протон-протонную реакцию. Более 20% приходится на гелий.

У Солнца есть свой ритм движения: за 27 суток оно совершает полный оборот вокруг своей оси. Этот ритм влияет на земную жизнь, так как с ним связана изменчивость интенсивности различных излучений.

Атмосфера Солнца. Внешние, доступные наблюдениям слои Солнца можно считать его атмосферой. Солнечную атмосферу делят на три слоя: фотосфера, хромосфера и солнечная корона.

Самый нижний слой атмосферы, называемый фотосферой (греч. "сфера света"), образует видимую глазом яркую поверхность Солнца. Толщина фотосферы примерно 300 км. О более высоких слоях атмосферы мы можем судить лишь с помощью специальных приборов либо в периоды солнечных затмений, когда яркий солнечный диск закрыт Луной.

Фотосфера имеет неодинаковую температуру. Верхние слои фотосферы — самые холодные. Их температура около 4300 К. В среднем температура фотосферы около 6000 К, а самые глубокие слои имеют температуру 8000–9000 К. По яркости фотосфера тоже не везде одинакова: в середине она ярче, светлее, к краям — несколько темнее. Это объясняется тем, что в середине солнечного диска наблюдаются более глубокие и более горячие, чем на краях, слои раскаленного газа. Вещество фотосферы непрозрачно.

В течение нескольких суток и даже месяцев в фотосфере зарождаются, развиваются и затем исчезают солнечные пятна. Они представляют собой гигантские воронки, образующиеся в результате вихревых движений газа. Размеры их самые различные. Пятно возникает в виде небольшого образования и, постепенно развиваясь, иногда достигает огромных размеров (до 185 000 км). Время существования одного пятна: от одного дня до многих месяцев. Часто солнечные пятна возникают группами. Количество пятен и групп, появляющихся на Солнце, подчинено некоторой закономерности. В среднем, через каждые 11 лет наступает максимум пятнообразовательной деятельности Солнца, затем количество пятен уменьшается. Иногда 10-12 дней пятен не бывает совсем. Солнечные пятна обладают сильным магнитным полем. Если группа пятен содержит два главных пятна, то поле их противоположно по знаку. В течение цикла все восточные главные пятна на Северном полушарии имеют одну полярность, а в Южном — другую. В следующем цикле полярности меняются на обратные. Поэтому настоящим циклом нужно считать не 11-летний, а 22-летний период.

Хромосфера (цветная, окрашенная), расположенная выше фотосферы, получила свое название за красновато-фиолетовый или розовый цвет, который можно наблюдать во время полного солнечного затмения. Толщина хромосферы составляет примерно 1000 км. Одно из интереснейших явлений на Солнце — хромосферные вспышки. Они возникают всегда в непосредственной близости от пятен. Во время вспышки гигантские массы солнечного вещества со скоростью 1000-3000 км/сек и более выбрасываются из хромосферы. Вспышки возникают быстро, в течение 10-30 сек; они носят характер взрыва. Но бывают и продолжительные вспышки. Температура в месте вспышки достигает 10-15 тыс. градусов, а ионизация атомов хромосферы увеличивается в 10 раз. Вспышки — источники мощного ультрафиолетового и рентгеновского излучений, радиоволн, а также больших потоков заряженных и быстролетящих частиц солнечного вещества, чаще всего протонов.

Над хромосферой расположены верхние слои атмосферы Солнца — солнечная корона, которую хорошо видно во время полных солнечных затмений. Это наиболее разреженная часть солнечной атмосферы, простирающаяся на несколько (иногда более 10) солнечных радиусов. Ее температура достигает 1-2 млн кельвинов.

Солнечную корону вне затмения наблюдать значительно труднее, чем хромосферу. Дело в том, что в короне плотность вещества в сотни и тысячи раз меньше, чем в хромосфере, и она излучает очень мало света. Солнечная фотосфера в миллионы раз ярче короны. Структура солнечной короны тесно связана с солнечной активностью. Солнечная активность оказывает большое влияние на многие земные явления, в том числе и на процессы, происходящие в атмосфере, магнитосфере и биосфере Земли.

Солнечная постоянная

Полный поток лучистой энергии Солнца, поступающий в единицу времени на единичную площадку, находящуюся на верхней границе земной атмосферы, называют солнечной постоянной. По многократным измерениям это количество энергии составляет примерно $1,98 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$. Поскольку солнечная постоянная характеризует приход радиации к внешней границе атмосферы, то она не может быть непосредственно измерена на земной поверхности, в том числе и на вершинах гор. До недавнего времени ее находили только косвенными методами. Теперь она определена точнее с помощью радиозондовых, ракетных и спутниковых измерений.

За всю историю измерений потока лучистой энергии Солнца не отмечено случаев отклонений ее величины, которые не укладывались бы в пределы ошибок измерений. Поэтому эту величину и называли солнечной постоянной. Современной науке неизвестны какие-либо доказательства изменения притока солнечной радиации — светимость Солнца сохраняется постоянной на протяжении всего периода существования жизни на Земле, она равна $3,83 \cdot 10^{23} \text{ кВт}$.

Проблемы использования энергии Солнца

В настоящее время перед учеными стоит проблема освоения таких источников энергии, которые в будущем постепенно исключат использование природного горючего топлива (нефти, газа, угля). Наиболее перспективными в этом отношении являются ядерная (атомная и термоядерная) и солнечная энергии. Использование атомной энергии в народном хозяйстве уже началось. Ведется работа над созданием термоядерных реакторов и использованием в будущем термоядерной энергии. Изучаются возможности использования энергии Солнца.

Солнце — мощный источник энергии. Например, известно, что в солнечных лучах, падающих в Средней Азии на 70 км^2 территории, содержится столько энергии, сколько в 600 миллионах тонн нефти. В целом планета Земля получает от Солнца в 10 раз больше энергии по сравнению с той, которая заключена во всех видах ископаемого топлива. Солнце — не только мощный, но и экологически чистый источник энергии, так как при его использовании нет никаких вредных выбросов, не происходит и дополнительного нагрева Земли.

Можно выделить четыре основных направления использования солнечной энергии: теплотехническое, фотоэлектрическое, биологическое и химическое.

Первое из направлений — самое простое. Оно основано на нагревании каких-либо веществ — теплоносителей, например, воды, обычными или сконцентрированными солнечными лучами в специальных устройствах — солнечных коллекторах. Этот способ уже начинают использовать в некоторых странах, в том числе в СССР. В южных районах СССР теплотехнический способ использования солнечной энергии применяют для опреснения и получения горячей воды, обогрева зданий зимой и охлаждения их летом и т.п. Создаются и проектируются и более крупные установки, в том числе солнечные электростанции. Важно отметить, что солнечные коллекторы могут быть экономически целесообразными вплоть до районов, лежащих на 56-й широте.

Хотя КПД преобразования световой энергии Солнца в тепловую достаточно велик (даже в простых коллекторах в полдень он достигает 50–70%), но при последующем превращении тепловой энергии в электрическую или механическую он уменьшается иногда в 20 раз. Поэтому перед учеными стоит задача поиска новых путей преобразования световой энергии Солнца, более эффективных по сравнению с теплотехническим методом.

Фотоэлектрическое направление использования солнечной энергии связано с открытиями, сделанными в последние десятилетия в физике и химии полупроводников. На основе полупроводников созданы фотоэлектрические преобразователи солнечной энергии — солнечные батареи, которые широко используются на космических кораблях. Эти батареи собирают солнечные лучи и фокусируют их на фотоэлектрические преобразователи. КПД солнечных батарей превышает 10%, а в лабораторных условиях достигнуты и более высокие результаты. Однако широкое использо-

вание фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии пока невозможно из-за высокой стоимости полупроводников и технологии их производства.

В настоящее время изучаются и биологические методы преобразования солнечной энергии. Известно, что с помощью фотосинтеза растения превращают световую энергию в химическую. Возникает вопрос, нельзя ли использовать такой же способ преобразования световой энергии? Найти ответ на этот вопрос можно при условии дальнейшего изучения механизма фотосинтеза. В последние годы в этом направлении не только ведутся исследования, но и разрабатываются методы практического использования созданных биологических преобразователей солнечной энергии. В ряде стран предусматривается выращивание специальных растений (трава, водоросли) специально для переработки в жидкое и газообразное топливо (метанол, этанол, метан). Такие энергетические растения рассматриваются как средство снижения использования органического топлива.

Одним из наиболее перспективных в будущем может стать химическое направление использования энергии Солнца. Примером химического метода использования солнечной энергии может служить процесс разложения воды на водород и кислород под действием видимого света. Получаемый водород — ценный химический продукт, необходимый, например, для производства азотных удобрений. Кроме того, водород можно использовать в качестве экологически чистого топлива. Особенностью использования солнечной энергии является то, что вследствие непостоянства потока солнечной энергии, падающей на Землю в течение дня или в разные времена года, необходимо использовать аккумуляторы энергии. Таким хорошим аккумулятором может служить сам водород, получаемый при разложении воды.

Извлечь водород из воды можно 1) электролитически, что довольно дорого, и 2) прямым химическим (или фотохимическим) путем. Однако видимая часть солнечного света практически не разлагает воду. Поэтому вся проблема состоит в том, что необходимо найти соответствующие катализаторы. Работы по разложению воды видимым светом с помощью катализаторов начаты только в последние годы и уже получены первые результаты. Можно предполагать, что со временем химическое направление использования солнечной энергии станет экономически выгодным для широкого использования.

Одной из фундаментальных проблем современного естествознания является проблема изучения эволюции Солнца, поскольку именно эволюция Солнца оказывает непосредственное влияние на развитие жизни на Земле и на других планетах Солнечной системы.

Предполагают, что Солнце образовалось около 5 млрд лет назад.

Как и другие звезды, Солнце, очевидно, возникло из газопылевого облака межзвездной материи под влиянием взаимного притяжения частиц. Силы всемирного тяготения довольно быстро (по астрономическим масштабам) превращают такое облако в относительно плотный и непрозрачный газовый шар. По мере гравитационного сжатия (а силы тяготения тем больше, чем больше масса шара) давление и температура в центральных областях будущей звезды довольно быстро растут. Газовый шар начинает светиться. Но только тогда, когда температура в недрах шара оказывается достаточной для того, чтобы там начались термоядерные реакции, когда в процессе превращений атомов водорода в гелий начинает высвобождаться внутриядерная энергия, а светимость и температура шара резко возрастают, — газовый шар становится звездой. При этом давление и температура в ее недрах достигают величин, препятствующих дальнейшему гравитационному сжатию. Размеры звезды становятся стабильными.

Если температура поверхности Солнца не превышает $6\,000^{\circ}\text{C}$, то в его центральных областях она достигает 15–25 млн градусов. Хотя Солнце газообразное тело, плотность плазмы его ядра в 11,5 раза больше, чем плотность твердого свинца. Каждую секунду Солнце излучает $4,00 \cdot 10^{33}$ эрг световой энергии, образующейся за счет термоядерных реакций, протекающих в центральной части звезды. Этот процесс продолжается на Солнце более 4,5 млрд лет. Конечно, масса Солнца огромна. За миллиарды лет существования Солнца лишь доли процента этой гигантской массы улетучились в процессе излучения. Но, естественно, всему есть предел. Устойчивое свечение звезды за счет термоядерных реакций не может продолжаться бесконечно. То Солнце, которое мы видим и можем изучать, — это только один из этапов в эволюции звезды. Расчеты ученых показывают, что по крайней мере еще 6 млрд лет Солнце будет устойчиво и стабильно излучать энергию.

Сторит ли Солнце? Эволюция его такова, что со временем его ядро исчерпает свой водород. С этого момента выделение энергии прекращается и гравитационные силы начинают сжимать такое ядро. Теперь термоядерные реакции могут идти лишь в сравнительно тонком слое на границе ядра. Ядро по мере уплотнения начинает разогреваться. Светимость звезды и ее размеры при этом постепенно возрастают: она становится красным гигантом, вступает в период неустойчивости, сравнительно быстрой эволюции. Предполагают, что Солнце превратится в гигантский шар предельно разреженного, раскаленного докрасна газа, достаточно большой для того, чтобы поглотить Меркурий, Венеру, Землю и Марс — четыре ближайших к нему планеты.

Когда температура сжимающегося гелиевого ядра достигает 100–150 млн К, начинается реакция нового типа: из трех ядер гелия образуется ядро углерода. Расчеты показывают, что наше Солнце станет красным гигантом через 8 млрд лет и будет оставаться им в течение нескольких сот миллионов лет. При этом светимость Солнца должна увеличиться в сотни раз, а радиус — в десятки раз по сравнению с современным.

Такие гигантские звезды быстро истощают запасы ядерного горючего. Дальнейшие судьбы ядра и периферических слоев звезды различны. Когда термоядерные реакции исчерпывают себя, то звезда как бы "сбрасывает" свою наружную оболочку. Периферические слои звезды удаляются с большой или меньшей скоростью от ядра и через несколько десятков тысяч лет рассеиваются в мировом пространстве. Так за стадией красного гиганта возникает планетарная туманность, а после рассеивания ее наружной оболочки остается очень горячая небольшая плотная звезда — белый карлик. В этом случае от звезды остается только ее центральная плотная часть, в которой уже прекратились ядерные реакции.

Белый карлик — заключительный этап Солнца и всех звезд, масса которых сравнима с массой Солнца. Такие звезды постепенно остывают, излучение их уменьшается и они становятся невидимыми.

Как произошла наша Вселенная

Вся Вселенная как целое эволюционирует: постоянные изменения происходят на поверхности Солнца, эволюционируют звезды, планеты, атмосферы планет.

При изучении ранних этапов эволюции Вселенной ученые приходят к выводу, что в истории ее развития была эпоха, когда не существовало ни звезд, ни планет. Все пространство было заполнено однородной горячей плазмой и излучением. К этому выводу ученые пришли не только теоретически. В 60-е годы было обнаружено реликтовое (т.е. остаточное) излучение Вселенной, которое представляет собой излучение горячей плазмы. Реликтовое излучение сохранилось с того времени, когда не существовало звезд и галактик.

Вселенная в ту эпоху ее эволюции, когда возникло реликтовое излучение, представляла собой нагретую плазму (температура 4000°), все пространство было заполнено излучением, соответствующим температуре 4000° . Химический состав плазмы был очень простым: она представляла собой смесь водорода и гелия. Более тяжелых элементов в ней почти не содержалось. И из этой простой плазмы в процессе длительной и сложной эволюции возникла Вселенная.

В эпоху реликтового излучения Вселенная была "молодой": ее возраст был равен миллионам лет.

А что было раньше, до эпохи реликтового излучения?

Существует предположение и о самом раннем периоде истории Вселенной, когда ее возраст был равен приблизительно суткам, температура 10^8 , а плотность 10^{-5} г/см³. Можно предполагать, что еще раньше Вселенная была значительно меньше, плотнее, горячее. Предполагают, что плотность Вселенной в первые мгновения ее существования была равна 10^{31} г/см³. При такой плотности радиус Вселенной составлял 10^{-12} см, что близко к классическому радиусу электрона. Таким образом, можно предполагать, что Вселенная в момент ее возникновения напоминала элементарную частицу. Затем в результате взрыва сгустка сверхплотной материи возникла Вселенная.

Такова гипотеза "расширяющейся" Вселенной.

Одинока ли наша Вселенная в мире? Существуют ли другие вселенные? Может быть, когда наша Вселенная была очень маленькой, очень плотной и еще не "расширилась", она "столкнулась" с другой такой же вселенной, взорвалась и начала расширяться?

Мы живем в изменяющейся Вселенной, прошлое которой отличается от ее современного состояния, а современное от будущего. Знание эволюционных законов позволит человеку прогнозировать

будущие состояния космических объектов, предвидеть возможные изменения космической среды, связанные с областью обитания земной цивилизации. А масштабы этой области по мере освоения космоса, очевидно, будут расти.

Летим на Марс

Почему же именно Марс стал в последнее время объектом космических исследований большинства стран? Венера, Земля и Марс — три планеты Солнечной системы, которые находятся на единой эволюционной прямой развития. И если Венера предшествует эволюции Земли, то Марс представляет последующий этап развития нашей планеты. Именно этим, а также вероятностью существования на Марсе в прошлом простейших форм жизни объясняется быстро возрастающий интерес ученых к деятельному изучению этих планет, и прежде всего Марса.

На Марсе, хотя и разреженная по сравнению с земной, но существует атмосфера. Раньше она была более плотной. Менялся и климат этой планеты. Был более теплый период времени, когда на поверхности планеты имелась вода, текли реки. А вода, как мы привыкли думать, — это жизнь. И вполне возможно, что какие-то первоначальные формы жизни на Марсе могли зародиться. Существует ли сейчас жизнь на Марсе — сказать трудно. Но исключить такую вероятность нельзя. В каких-то местах она могла остаться с прошлых времен. Знание же эволюционного развития Марса приоткрывает нам историю развития нашей планеты.

По мнению специалистов, полет человека на Марс может быть осуществлен в 2010–2015 годах. Почему не раньше? Это объясняется тем, что многие проблемы, связанные с этим полетом, пока еще остаются открытыми. Например, необходимо решить вопрос о хранении жидких кислорода и водорода — топлива для современных носителей. Не до конца ясно, насколько человеческий организм сможет выдерживать длительное пребывание в невесомости. Кроме того, очень важно создать замкнутую или как минимум частично замкнутую систему жизнеобеспечения. Подсчитано, что экипажу из десяти человек для трехлетнего космического путешествия к Марсу потребуется не менее 70 т одних только продуктов питания. Этот запас слишком велик. Даже без этого запаса марсианский корабль будет весить несколько сотен тонн, ведь ему предстоит неблизкий путь: минимальное расстояние между Землей и ее "соседом" по Солнечной системе составляет 56 млн км.

Однако в настоящее время, по мнению большинства ученых, Марс должен прежде всего исследоваться с помощью автоматов, которые

50

позволят усовершенствовать технику полетов, помогут выбрать наиболее интересные районы последующих посадок, проведут там необходимые исследования.

В качестве первого этапа предполагается в начале 90-х годов запуск спутников Марса, которые должны провести глобальное исследование планеты, ее поверхности, атмосферы. Последующие этапы включают обязательную посадку на Марс спускаемых аппаратов для решения целого комплекса сложнейших задач и прежде всего исследования и сбора нужных образцов марсианских пород в определенных районах планеты, представляющих наибольший научный интерес. Эти задачи можно решить только в помощью марсохода, оборудованного современными приборами для исследования и сбора нужных образцов, которые должны затем транспортироваться на Землю. Одновременно марсоход позволит получить и большую серию панорамных фотографий поверхности Марса. Уже сейчас ясно, что образцы пород придется собирать на большой площади, и марсоход должен пройти для этого не одну сотню километров. При этом вначале марсоход мог бы осуществить вибропросвечивание глубинных недр Марса, чтобы узнать его внутреннее строение.

Сложную программу космических исследований Марса невозможно решать без координации усилий ученых различных стран. В выполнении этой задачи должны участвовать объединенные научные силы нашей планеты.

По сообщениям из газет "Правда" и "Известия", февраль-март 1989 г.

- Советская автоматическая станция "Фобос", продолжающая полет вокруг Марса, передала на Землю свои первые изображения естественного спутника планеты. Съемка Фобоса осуществлялась с помощью телевизионной аппаратуры, разработанной совместно специалистами СССР, НРБ и ГДР.
- С помощью приборов, установленных на станции, проводятся исследования солнечной активности, плазменных процессов и магнитных полей в окрестностях планеты, изучаются атмосфера и поверхность Марса.
- В конце марта - начале апреля на поверхность Фобоса будут спущены невиданные прежде автоматы: долговременная станция с набором уникальной аппаратуры и робот, который будет собирать научную информацию, передвигаясь по поверхности Фобоса 20-метровыми прыжками.

СОДЕРЖАНИЕ

Список источников, послуживших основой для составления текстов	3
I. НАША ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ.....	4
История развития Земли.....	4
Атмосфера Земли	5
Состав земной атмосферы	8
Гидросфера Земли	10
Биосфера Земли.....	12
Гипотезы развития Земли	15
Исследования строения Земли продолжаются	17
II. БОГАТСТВА ЗЕМЛИ НА СЛУЖБУ ЧЕЛОВЕКУ	19
Минералы	20
Кольская сверхглубокая	22
О богатствах Мирового океана	23
Гелиевый воздух	26
Титан	27
Литий	30
Бор	32
Композиты	33
Высокотемпературные проводники стали реальностью	36
III. ЧЕЛОВЕК И ПРИРОДА	38
Вселенная и человек	39
Космическая биология	40
Солнце	41
Солнечная постоянная	44
Проблемы использования энергии Солнца	44
Эволюция Солнца	47
Как произошла наша Вселенная	48
Летим на Марс	50

Учебные материалы
по русскому языку
для самостоятельного чтения

Научно-популярные тексты

Для иностранных студентов подготовительного
факультета инженерных специальностей

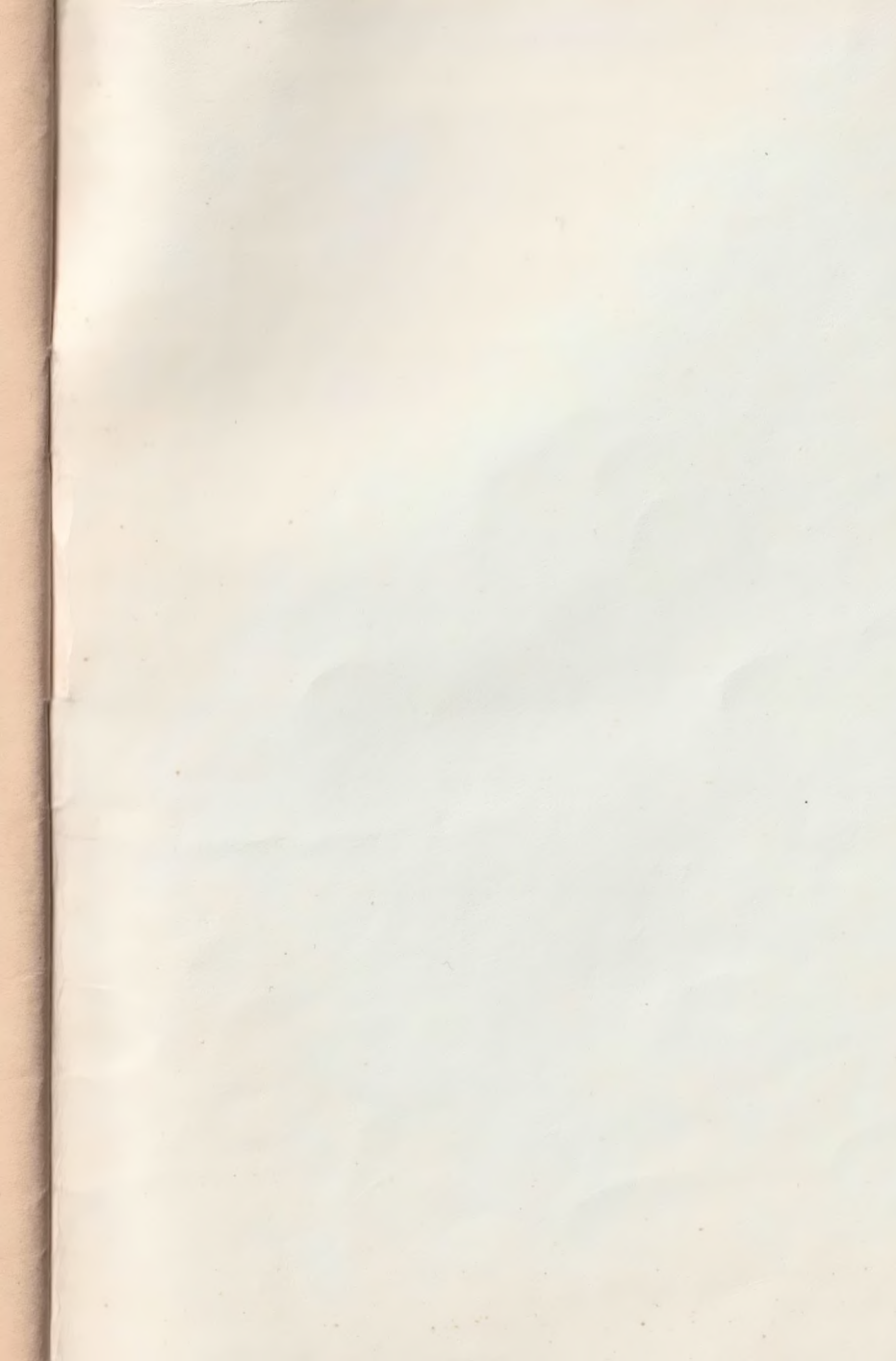
Редактор Л.Г.Тяглова
Технический редактор Е.Н.Шафоростова

Тематический план 1989 г., № 188

Подписано в печать 03.04.89 г. Формат 60х90/16. Ротапринтная
печать. Усл.печ.л. 3,25. Усл.кр.-бтт. 3,5. Уч.-изд.л. 3,10.
Тираж 600 экз. Заказ 360. Изд. № 1790. Цена 10 коп.

Издательство Университета дружбы народов
117923, ГСП-1, Москва, ул. Орджоникидзе, 3

Типография МИСиС, ул.Орджоникидзе, 8/9



10 КОП.