

ИЗДАЕТСЯ С 1992 Г.

# БИОЛОГИЯ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ БИОЛОГИИ, ЭКОЛОГИИ И ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ № 4 (952)  
bio.1september.ru



с. 15

**Практикум:**  
постройте в классе  
космическую станцию



с. 3

**Зоология:**  
хомяк в Красной  
книге



с. 52

**Подготовка к ЕГЭ:**  
важный фактор –  
внимание

издательский  
дом  
1september.ru

## Первое сентября

апрель  
2013

БИОЛОГИЯ Подписка: Роспечать – 32026 (бумажная версия), 19177 (электронная); Почта России – 79005 (бумажная версия), 12652 (электронная)

# Как построить КОСМИЧЕСКУЮ СТАНЦИЮ в классе

Перевод с англ. Л.В. Яковенко

*В ходе реализации проекта можно обсудить множество вопросов, связанных не только с исследованием космоса, но и с условиями жизни на Земле. Предлагаются варианты для различных возрастных групп учащихся.*

▶ На Земле ресурсов – воздуха, воды, пищи – достаточно для поддержания жизнедеятельности триллионов организмов. Для нашей биосферы характерны циклы, когда продукты жизнедеятельности одних организмов используются другими и поэтому не накапливаются. Примером может быть сложный круговорот углерода, в котором кислород и углекислый газ производятся и поглощаются растениями и животными соответственно [1].

Однако в космосе таких условий нет, поэтому для жизни и работы в космосе нам надо взять с собой все, что может потребоваться, и придумать, как перерабатывать отходы или избавляться от них. При этом нам придется максимально уменьшить вес багажа и предусмотреть место для резервного оборудования обеспечения безопасности.

Суммарный вес оборудования станции должен быть минимизирован, поскольку его транспортировка очень дорога и сейчас составляет около 17 тыс. долл. США за 1 кг (средняя стоимость запуска космической станции с грузом 26 т и космонавтами составляет около 450 млн долл.). Перевозка грузов на Луну или Марс обойдется гораздо дороже.

При такой стоимости и общей сложности запусков каждый килограмм груза должен быть оправдан. Кроме того, дополнительный резерв надежности необходим для всех систем жизнеобеспечения. В настоящее время на космических станциях используют трехуровневую систему обеспечения надежности: при отказе основной системы можно использовать резервную.

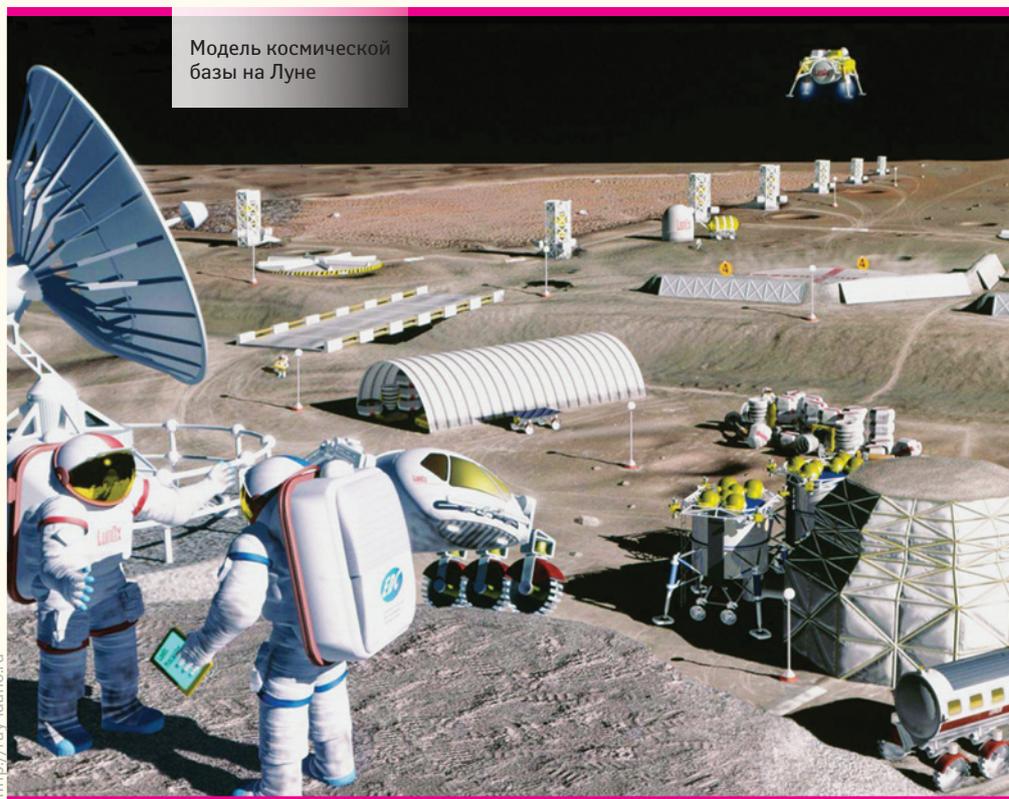


Обдумывание учащимися проблем, связанных с созданием и обустройством жилых станций на Луне или Марсе предоставляет удобную возможность обсудить проблемы жизнеобеспечения и работы в космосе, а также проиллюстрировать важнейшую роль круговорота веществ в поддержании жизни на Земле. Эту работу можно проводить с детьми всех возрастов.

Вводная часть к этой работе займет около двух часов и еще примерно столько же (в зависимости от сложности) потребуется на проектирование (дизайн) станции. Сборка (строительство) станции может занять 5–15 ч в зависимости от числа учащихся и сложности проекта. Если учащиеся действительно заинтересуются этим проектом, им может потребоваться еще больше времени для его реализации.



Материалы к статье на CD



Модель космической  
базы на Луне

<http://rav-tdaho.ru>

### Проектирование обитаемой космической станции

Начнем с вопроса, что нужно человеку, чтобы жить и эффективно работать в земных условиях. Как можно удовлетворить его потребности в космосе на удаленной от Земли станции? И каким образом можно создать такую космическую станцию с минимальным весом, максимальной эффективностью и наибольшим сроком службы? Ниже приведены частичные ответы на эти и связанные с ними вопросы, а также дополнительные ссылки на интернет-ресурсы, включая данные Европейского космического агентства [2, 3].

При разработке проекта космической станции или базы первое, о чем должны задуматься учащиеся, где будет расположена станция – на Луне или на Марсе, поскольку от этого зависят требования к ее устройству [4]. Они должны постоянно помнить, что на Луне температура изменяется гораздо сильнее, но Луна гораздо ближе к Земле. На Марсе колебания температуры меньше и есть атмосфера, но он находится очень далеко от Земли, поэтому станция должна быть более независимой, автономной.

На поверхности Луны надувное помещение диаметром 16 м может обеспечить условия для проживания и работы дюжины космонавтов. Здесь могут разместиться комната для

космонавтов, операционный центр базы, луноход, небольшая чистая комната, полностью оборудованная биологическая лаборатория, кают-компания, личные комнаты команды, устройства для удаления пыли после работы на поверхности Луны и воздушный шлюз (см. рис. на CD).

#### *Работа для учащихся 7–10 лет*

1. Начните с обсуждения потребностей человека на Земле, а затем распространите перечень на условия в космосе. Основные вопросы: что необходимо для жизни на космической станции и от чего можно отказаться для уменьшения веса и расходов?

2. Обсудите, какие требования надо учитывать при разработке проекта станции. Выберите два требования из перечня, приведенного ниже, и включите их в проект планетной базы не менее чем для двух человек.

3. Постройте модель помещений базы из картона и прочного скотча. По размерам модель может быть настольной или больше. Модель можно раскрасить или добавить окна в помещениях.

4. Обсудите с учащимися, что каждый из них взял бы с собой для жизни на такой станции, если можно было бы выбрать только одну вещь (фотографию, музыкальную запись, книгу и т.п.).



Космический дом

<http://itronimeru>

### Работа для учащихся 10–14 лет

1. Выберите 4–6 требований к проекту космической станции из списка, приведенного ниже, и включите их в проект станции не менее чем для четырех человек.

2. Уделите больше внимания весовым ограничениям и связанным с транспортировкой грузов расходам.

### Работа для учащихся 14–18 лет

1. Начните работу так же, как и в первой группе, но разбейте класс на небольшие команды, которые вместо изготовления картонной модели должны будут создать компьютерные модели космических баз с использованием соответствующего программного обеспечения [7] и учетом не менее 8 требований к обитаемым космическим станциям, рассчитанным на четырех космонавтов.

2. Дайте описание различных технологий, которые необходимо использовать при проектировании базы. Например, расскажите об электролизере для получения кислорода из воды или реакторе Сабатье, позволяющем получать метан и воду из углекислого газа [8], который в настоящее время проходит испытания на МКС [9].

3. При проектировании учащиеся должны учесть требования к качеству жизни (наличие окон, цветовые решения, зоны отдыха и др.).

4. Сравните результаты работы команд, обсудите, что нравится и что не нравится учащимся в каждой модели, как можно спроектировать обитаемую космическую базу для представителей разных культур.

### Что нужно учитывать при проектировании космических станций

#### Потребности человека на Земле

- Укрытие от непогоды – дом и одежда.

- Чистая питьевая вода и условия жизни, удовлетворяющие санитарным нормам.
- Нормальный по составу воздух.
- Хорошая пища.
- Медицинское обслуживание.
- Достаточное время для сна и отдыха.
- Физическое здоровье.

#### Потребности человека на космической базе на других планетах

Многие потребности на такой базе совпадают с потребностями на Земле, однако появляются и некоторые другие, обусловленные спецификой условий жизни и работы в новых условиях.

- Защита от радиации, микрометеоритов, пыли, вакуума и экстремальных температур окружающей среды.
- Существенное сокращение потребления воды, восстановление воды из отходов, рециркуляция воды [10]. Это относится к устройствам санитарии и гигиены: космонавты должны иметь возможность мыться, стирать и пользоваться туалетом.
- Воздух, необходимый для дыхания, можно получать за счет либо рециркуляции использованного воздуха (пополнение кислородом, удаление углекислого газа и загрязнителей), либо получения нового [11].
- Полноценная пища должна либо быть доставлена на базу, либо производиться на самой базе.
- Медицинская помощь в легких (порезы, сыпь, инфекции, зубная боль, морская болезнь и т.п.) и тяжелых (переломы, камни в почках, инфаркты миокарда и т.п.) случаях.
- Спальные помещения.
- Оборудованное помещение для поддержания физической формы, с ориентацией на профилактику заболеваний сердечно-сосудистой и опорно-двигательной систем.
- Система терморегуляции, способная компенсировать экстремальные перепады температур снаружи. На поверхности Луны температуры могут достигать  $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$  в постоянно затененных кратерах на полюсах и  $+121\text{ }^{\circ}\text{C}$  на освещенной солнцем поверхности у лунного экватора [12].
- Системы коммуникации (контакты с центром управления, а также с родственниками и друзьями на Земле).
- Переработка или удаление жидких (моча) и твердых (бытовой мусор, фекалии) отходов [10, 11, 13]. При этом надо соблюдать правила охраны окружающей среды на планете [14].
- Мониторинг систем жизнеобеспечения (качество воды и воздуха, уровень радиации).



На другой планете

- Помещения для приготовления и приема пищи.

- Рабочие помещения для экспериментальной научно-исследовательской работы (геология, биология, химия и т.п.), которая оправдывала бы долговременные научно-исследовательские космические экспедиции.

Многие из этих требований учитывались и при создании МКС.

#### *Возможное дополнение: психология*

- Во время длительного полета члены экипажа космического корабля будут находиться в очень ограниченном пространстве в изоляции от своих родных и близких и в постоянном контакте друг с другом. По мере накопления знаний о том, как люди ведут себя при стрессе, вызванном пребыванием в ограниченном пространстве в течение длительного времени, были разработаны приемы тренировки, направленные на управление конфликтными ситуациями [15].

- Психическое состояние каждого члена экипажа становится особенно важным, т.к. оно влияет на психическое состояние всего экипажа и в конечном итоге на успех экспедиции. Поэтому необходимо организовать систему психологической поддержки.

- На Земле, для того чтобы быть счастливым и продуктивно работать, человеку необходимо чувство душевного благополучия, зависящее от общения с другими людьми. Чтобы космонавты хорошо себя чувствовали на космической станции, в дополнение к перечисленным выше требованиям нужно обеспечить следующее.

- Изолированное помещение для каждого члена экипажа, даже если оно будет маленьким.

- Общее помещение для общения и отдыха.

- Цветовые решения должны быть выбраны каждым членом экипажа заранее, до начала полета.

- Живые существа, например растения и рыбы.

- Окна. Возможность выглянуть наружу – очень важный психологический фактор. Для Марса эта проблема сложнее, чем для Луны, потому что Земля с Марса будет выглядеть просто небольшой звездой на небе.

#### *Требования к конструкции*

При проектировании космической станции необходимо учитывать следующее.

- Она должна быть безопасной – это основное требование.

- Она должна быть прочной, надежной, долговечной, требующей минимума усилий для обслуживания.

- Она должна иметь малый вес – обычный холодильник, например, совершенно не подходит для космической станции.

- Ее характеристики (вес, форма, энергопотребление) должны соответствовать существующим ракетам-носителям.

- Она должна выполнять все задачи, заложенные при проектировании.

- Она должна быть относительно дешевой: исследование космоса стоит очень дорого, поэтому должны приниматься меры по строгой экономии без ущерба функциональности.



Проект космической базы из модульных конструкций

### **Как спроектировать эффективную космическую станцию**

Удовлетворить всем перечисленным выше требованиям можно следующим образом.

- Используя модульную конструкцию системы. При этом проектирование начинают с наиболее важных элементов, постепенно добавляя остальные (например, дополнительные помещения для новых членов экипажа).
- Разрабатывая технологии на основе доступных на Марсе или Луне ресурсов, например с использованием кирпичей и цемента из лунных материалов или используя «подземные» пещеры на Марсе при строительстве помещений.
- Повторно используя ресурсы (рециркуляция воздуха, воды, отходов, частей приземляющегося аппарата и т.п.).
- Добиваясь миниатюризации и стандартизации всего (например, электрических вилок и розеток).
- Делая оборудование и помещения многофункциональными, например: складной обеденный стол после приема пищи убирается и освободившееся пространство может быть использовано для других целей.

### **Темы для обсуждения в классе**

#### **Требования к обитаемым помещениям**

Основной угрозой жизни на Земле является радиация. То же относится и к базам и станциям в открытом космосе или на поверхностях космических объектов. На Земле большая часть солнечного электромагнитного излу-

чения нейтрализуется за счет его взаимодействия с атмосферой, а к излучению, достигающему поверхности (а это примерно 10% от излучения Солнца, достигающего орбиты Земли), организм человека адаптирован. Тем не менее даже на поверхности Земли солнечный ультрафиолет может нанести вред человеку при чрезмерном облучении. Кроме электромагнитного излучения в состав солнечной радиации входит множество заряженных частиц, от которых Землю защищает ее магнитное поле.

Толстый слой плотной атмосферы, состоящей из легких молекул газов, представляет собой прекрасную защиту от радиации. Самые легкие молекулы (водорода и гелия) поглощают высокоэнергетические частицы лучше, чем более тяжелые молекулы. Возможно, одной из наиболее эффективных защит в этом смысле является вода. К сожалению, пока не существует эффективных способов создания достаточно толстых слоев газа или воды для защиты жилых помещений в космических условиях.

Долговременное пребывание людей в космосе требует эффективной защиты от нескольких видов радиации. Радиация приводит к гибели клеток и при значительных дозах может привести к смерти в течение нескольких дней (а при меньших дозах – через несколько лет). Возникает вопрос: как же в таких условиях космонавты могут жить и работать на космических станциях? Сейчас ответ таков: они просто не могут находиться в космосе долго. Дозы облучения тщательно контролируются, и, как только у кого-то из космонавтов они приближаются к опасному для жизни порогу, этот

космонавт должен вернуться на Землю. Шаттлы, МКС «Мир» и другие станции обеспечивают некоторую защиту экипажей от стандартного уровня радиации. Солнечные вспышки и бури – очень опасные события, при которых дозы облучения могут сильно возрасти и превысить безопасный уровень, поэтому космические агентства стараются избегать проведения космических полетов на пике солнечной активности. Во время длительных миссий космонавты, застигнутые солнечной бурей, вынуждены пережить ее в специальных капсулах (сделанных из специального пластика и обложенных пакетами с водой), а после бури их приходится быстро возвращать на Землю. Но такое решение не подходит для удаленных обитаемых космических станций.

Гораздо более серьезную проблему для защиты от радиации представляют частицы высоких энергий, т.н. космические лучи. Они взаимодействуют с атомами металлов, что приводит к образованию очень сильной вторичной радиации. Защитные конструкции из алюминия или других металлов сами могут стать смертоносными при облучении космическими лучами. Единственный известный способ защиты от космических лучей – слой вещества такой толщины, которая позволяет достаточно замедлить частицы космических лучей. В качестве замедляющих веществ можно использовать воду или почву. При этом необходимая толщина слоя воды составляет всего несколько сантиметров, а слоя земной или лунной почвы – около 2 м. Сейчас разрабатываются всяческие экзотические покрытия и легкие материалы для защиты от радиации, но как бы легки они ни были, суммарная масса, необходимая для защиты космических станций, остается огромной. Поскольку производство таких материалов основано на использовании специальных технологий, их придется изготавливать на Земле, а потом доставлять в космос, что будет стоить очень дорого.

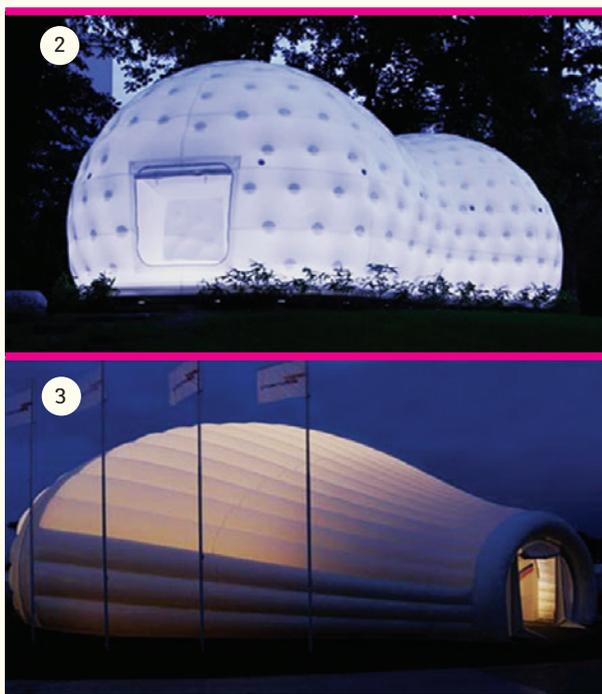
Если на космическом объекте, на котором планируется построить базу, обнаружат воду, то наилучшим решением для защиты от радиации будет, естественно, использовать именно ее. Лучшая альтернатива при отсутствии воды – использовать лунный или астероидный грунт (т.н. реголит – рыхлый песок из частиц разного состава размером 30–1000 мкм), он хорошо слипается из-за отсутствия оксидной пленки. Его легко доставлять с Луны на космические станции, поскольку сила тяжести на Луне в 6 раз меньше, чем на Земле, и нет атмосферы: это позволяет использовать импульсные пусковые установки без опасения, что грузовой отсек сгорит в атмосфере

при большой скорости. В других местах для защиты от радиации возможно использование кольцевых контейнеров, заполненных водородом, оставшимся неиспользованным в баках комических кораблей, однако эта альтернатива еще совсем не исследована.

Доступность воды на Луне или Марсе во многом облегчит проектирование станций, позволяя не только защититься от радиации, но и создать положительный эмоциональный фон для обитателей станции, например, разместив на ней аквариумы с живыми рыбками. В настоящее время живые растения и животные не входят в проекты станций, поскольку необходимые для этого затраты времени и объемы помещений не окупаются для экспедиций в околоземное пространство. Однако растения и животные могут оказаться весьма существенным фактором в обеспечении успеха дальних экспедиций. Во-первых, они позволят уменьшить массу космического корабля, поскольку люди смогут сами производить пищевые продукты в космосе, а во-вторых, уход за растениями и животными окажет положи-

Надувные конструкции (1–3) позволят построить здания большого объема





тельное эмоциональное воздействие на членов экипажа.

Надувные конструкции на поверхности планеты или ее спутника позволят построить помещения большого объема. Однако они могут быть повреждены микрометеоритами, поэтому возводить их следует в кратерах, пещерах и других защищенных от падения метеоритов местах. Но жизнь в пещере создаст дополнительные психологические проблемы для космонавтов.

Защитить конструкции от попадания микрометеоритов можно также, укрыв их слоем местного грунта (реголитами), который одновременно будет служить защитой и от радиации, и от перепадов температуры.

### *Жизнь в космосе*

Марсианские сутки немного длиннее земных и составляют 24 ч 37 мин. На Луне продолжительность дня гораздо больше, чем на Земле: на экваторе и день, и ночь длятся по 14 земных суток. Скорее всего, сон космонавтов на Луне или Марсе будет протекать так же, как на Земле. В космосе нет верха и низа, а космонавты не имеют веса, поэтому они могут спать в любом положении, однако им приходится прикрепляться к стене, сиденью или койке, чтобы не летать по всей кабине и не сталкиваться с другими предметами и членами экипажа. На шаттлах и космических станциях члены экипажа обычно спят в спальнях мешках. На шаттле всего две двухъярусные койки (четыре спальных места), поэтому

при численности экипажа в пять или более человек некоторым космонавтам приходится спать в мешках, прикрепленных к сиденьям (командира или пилота) или стенам.

На космической станции есть две кабины экипажа, в каждой из которых может поместиться только один человек. В такой кабине есть спальный мешок и большое окно, через которое можно любоваться космическим пейзажем. В настоящее время постоянный экипаж МКС состоит из трех человек, которые живут и работают в космосе по несколько месяцев. Где же спит третий космонавт? Если командир не возражает, он может спать в любом месте станции, но обязательно прикрепившись к чему-нибудь.

Соблюдая режим, космонавты должны спать 8 ч в конце каждого дня. Но, как и на Земле, они могут проснуться среди ночи, чтобы воспользоваться туалетом, или сидеть допоздна, глядя в окно. Судя по докладам, космонавты видят сны, иногда кошмарные, а некоторые храпят.

Возбуждение от пребывания в космосе и морская болезнь могут привести к нарушениям сна, так же, как и ограниченность пространства, из-за которой космонавты хорошо слышат друг друга. Сон в кабине (кокпите) шаттла также может быть проблематичным, поскольку Солнце восходит каждые 90 мин и потоки света и тепла через окно достаточно интенсивны, чтобы нарушить сон, если не пользоваться специальными масками.

Когда наступает время подъема, Центр управления полетом в Хьюстоне посылает на шаттл музыкальный сигнал, причем каждому космонавту свой и каждый день разный. Родные и близкие иногда просят исполнить для того или иного космонавта какую-то определенную мелодию. На МКС с этой целью используют обычный будильник.

Экипажи длительных экспедиций должны подбираться с учетом психологической совместимости людей. Это уменьшит вероятность возникновения конфликтов во время экспедиции. По оценкам, перелет на Марс займет 8–9 месяцев, так что продолжительность экспедиции на Марс составит 16–18 месяцев плюс время работы на самой планете. Сравните это с ситуацией в обычном классе, где дети проводят вместе гораздо меньше времени, но при этом конфликты происходят довольно часто.

В условиях микрогравитации у космонавтов наблюдается потеря мышечной (включая сердце) и костной массы. Рассасывание костей, в свою очередь, может приводить к образованию камней в почках, которые имеют

такой же минеральный состав, как и кости. Поэтому для поддержания здоровья членов экипажа необходимы специальные снаряды для физических упражнений, лекарственные препараты, уменьшающие рассасывание костей и защищающие организм от воздействия радиации, специальные скафандры, например с отрицательным давлением в нижней части тела, что предотвращает ухудшение состояния сердечно-сосудистой системы.

### **Бумажная модель мини-купола, обладающая уникальной формой и симметрией**

Помещения такой конструкции имеют большой объем и высоту и особенно пригодны в условиях ограниченного пространства.

Если самые длинные перекладыни имеют длину 10 ед., диаметр купола составит около 29 ед.

Модели подобных конструкций и инструкции по их изготовлению представлены на CD к номеру. ■

#### ***Ссылки***

1. Узнать больше о круговороте углерода можно на сайте [www.windows2universe.org/earth/Water/co2\\_cycle.html](http://www.windows2universe.org/earth/Water/co2_cycle.html).

2. Сайт Европейского космического агентства [www.esa.int](http://www.esa.int).

3. Дополнительная информация для учителя в форматах PDF или Word® document.

4. Подробная информация о Солнечной системе и истории полетов в космос имеется на сайте NASA <http://solarsystem.nasa.gov>.

5. Геометрия конструкции из цветного пластика – лишь одна из многих возможных (см. [http://www.gardendome.com/Class\\_2\\_Icosahedral\\_Domes.html](http://www.gardendome.com/Class_2_Icosahedral_Domes.html)).

6. Инструкция по изготовлению геодезических куполов имеется на сайте [www.geo-dome.co.uk/article.asp?uname=modelbuild](http://www.geo-dome.co.uk/article.asp?uname=modelbuild).

7. Перечень бесплатного программного обеспечения для компьютерного моделирования: [www.freebyte.com/cad/cad.htm](http://www.freebyte.com/cad/cad.htm).

8. Узнать больше о возможности использования реактора Сабатье на Марсе можно из статьи: [www.isso.uh.edu/publications/A9900/mini-richardson.htm](http://www.isso.uh.edu/publications/A9900/mini-richardson.htm).

9. В 2010 г. система Сабатье была доставлена на МКС для тестирования; с соответствующим пресс-релизом можно ознакомиться на сайтах [www.nasaspacesflight.com](http://www.nasaspacesflight.com) и <http://tinyurl.com/3su8p26>.

10. Интерактивная онлайн-модель системы рециркуляции воды на борту МКС:

<http://esamultimedia.esa.int/docs/issedukit/en/html/t030505t1.html>.

11. Больше узнать о повторном использовании ресурсов на борту МКС, особенно воздуха, можно на сайте [http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2000/ast13nov\\_1](http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2000/ast13nov_1).

12. Факты о планетах и их спутниках: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/planetfact.html>.

13. Информация о системе поддержания жизнедеятельности на МКС и системах рециркуляции на космических станциях, включая французские учебные материалы по проекту MELISSA: <http://ecls.esa.int/ecls>.

14. Информация о том, как NASA предотвращает риски перекрестного биологического загрязнения: <http://planetaryprotection.nasa.gov>.

15. Информация о проекте Mars500, посвященном изучению важнейших физиологических и психологических проблем, связанных с длительной изоляцией членов экипажа космического корабля: [www.esa.int/esaMI/Mars500](http://www.esa.int/esaMI/Mars500).

16. Доклад о лунной базе с замкнутым циклом можно загрузить с сайтов: [www.isunet.eduw17](http://www.isunet.eduw17) или <http://tinyurl.com/69bjugb>.

17. Больше узнать о Международном космическом университете можно на сайте [www.isunet.edu](http://www.isunet.edu).

#### ***Дополнительные материалы***

NASA разработало обучающий модуль на основе решения задач, связанных с обитаемыми космическими станциями. Он начинается с вводной проблемы «Замкнутого пространства комнаты» и содержит четыре раздела: «Жизнь в замкнутом контейнере», «Как сохранить здоровье», «Вода и воздух» и «Мусор и сокровища», посвященных экосистемам, питанию человека и его приспособляемости, рециркуляции воды и воздуха, удалению отходов. [www.nasa.gov/audience/foreducators/son/habitat](http://www.nasa.gov/audience/foreducators/son/habitat).

Поддержанный ЕС проект CoReflect был посвящен разработке обучающего модуля для учащихся 10–12 лет по проектированию обитаемой базы на Марсе на английском и голландском языках: [www.coreflect.org/nqcontent.cfm?a\\_id=15089](http://www.coreflect.org/nqcontent.cfm?a_id=15089).

О возможности экспедиции на Марс: [www.coreflect.org/nqcontent.cfm?a\\_id=15089](http://www.coreflect.org/nqcontent.cfm?a_id=15089).

**ПО МАТЕРИАЛАМ** статьи Building a space habitat in the classroom (<http://www.scienceinschool.org/2011/issue19/habitat>)